

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA:

INGENIERÍA AMBIENTAL

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:

INGENIERO AMBIENTAL

TEMA:

**MONITOREO Y EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DEL MATERIAL
PARTICULADO PM10 Y PM2,5 EN LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
"CAMPUS SUR"**

AUTOR:

JONATHAN RAFAEL RUBIO BAUTISTA

DOCENTE TUTOR:

CARLOS ANDRES ULLOA VACA

Quito, marzo del 2019

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, JONATHAN RAFAEL RUBIO BAUTISTA con número de identificación N° 1718811688, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación intitulado: **MONITOREO Y EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DEL MATERIAL PARTICULADO PM10 Y PM2,5 EN LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA "CAMPUS SUR"**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: INGENIERO AMBIENTAL, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Nombre: Jonathan Rafael Rubio Bautista

Cédula: 1718811688

Marzo, 2019

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de investigación:
MONITOREO Y EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DEL MATERIAL
PARTICULADO PM10 Y PM2,5 EN LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
"CAMPUS SUR", realizado por Jonathan Rafael Rubio Bautista, obteniendo un producto que
cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser
considerado como trabajo final de titulación.

Quito, marzo del 2019

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Carlos Ulloa V.' with a stylized flourish at the end.

Carlos Andrés Ulloa Vaca

C.I: 1716457971

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme emprender este viaje lleno de experiencias que están a punto de culminar, A mis padres que fueron un pilar sumamente importante en mi vida ya que sin sus consejos y su aliento no lo hubiese logrado, a mis hermanos que me impulsaron a no darme por vencido, a seguir con esta lucha constante y a dar todo de mí siempre.

A mi abuelita que siempre está pendiente de mí, y es un apoyo fundamental en mi vida para conseguir las cosas que me propongo.

A mi novia Lisbeth que ha llegado a mi vida a darme mucha felicidad, con su amor a sembrado nuevas ilusiones en mi vida y me motiva a seguir superándome día a día, agradezco mucho el apoyo incondicional que me brinda.

Quiero agradecer en especial a mi hija Camila que con su amor y su dulzura me enseña día a día a ser un mejor padre, con su presencia llena de felicidad mi vida y es mi motor para salir adelante. Siempre te cuidaré y hare mi mejor esfuerzo para que nunca te falte nada, te daré mucho amor y nunca dejaras de ser la princesa de papi.

Por ultimo quiero agradecer a mis amigos: Klever, Jossue, Edison, Jonathan, Stalin, Sergio, Miguel, que siempre estuvieron ahí para brindarme un consejo y para compartir conmigo momentos inmemorables.

ÍNDICE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	ii
DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT	xiii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS.....	4
2.1 Objetivo general	4
2.2 Objetivos específicos	4
3. MARCO TEÓRICO.....	5
3.1. Contaminación Atmosférica	5
3.2. Fuentes de Contaminación.....	5
3.2.1. Móviles.....	5
3.2.2. Fijas	5
3.2.3. Área	5
3.3. Material Particulado.....	6
3.3.1 Tipos de Material Particulado	6
3.4. Calidad de aire de la ciudad de Quito	7
3.4. Monitoreo de aire	11
3.5. Modelación	14

3.6.	Modelación atmosférica	15
3.7.	Problemas de salud asociados a la exposición de Material Particulado PM10 y PM2.5	16
4.	MATERIALES Y MÉTODOS	18
4.1.	Equipos y Materiales.....	18
4.1.1.	Fase de campo:	18
4.2.	Análisis de Datos:	18
4.3.	Método	19
4.3.1.	Método descriptivo:.....	19
4.4.	Fase de laboratorio	20
4.4.1.	Pesaje de los filtros PM10 y PM 2,5	20
4.5.	Población y muestra	20
4.5.1.	Población.....	20
4.5.2.	Muestra.....	20
4.6.	Descripción del Método.....	21
4.6.1.	Método para el monitoreo en la fase de campo.....	21
4.6.2.	Metodología de Monitoreo.....	22
4.6.3.	Material particulado PM10 y PM2.5	24
4.6.4.	Método para la modelación	25
4.6.5.	Metodología para el cálculo de la concentración de PM 10 y PM 2,5.....	25
4.6.6.	Modelación Inverse Distance Weighting (IDW)	27

5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
5.1.	Resultados	28
5.2.	Discución	57
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
6.1.	Conclusiones	59
6.2.	Recomendaciones	61
7.	BIBLIOGRAFÍA	62
8.	ANEXOS	66
8.1.	Instrumentos de trabajo	66
8.2.	Puntos de monitoreo	67
8.2.1.	Primer punto de monitoreo	67
8.2.2.	Segundo punto de monitoreo	67
8.2.3.	Tercer punto de monitoreo	68
8.2.4.	Cuarto punto de monitoreo	68
8.2.5.	Quinto punto de monitoreo	69
8.3.	Fotografías en trabajo de campo	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Distribución espacial de emisiones PM10	9
Figura 2: Distribución espacial de emisiones anuales PM 2.5.....	10
Figura 3: Distribución sectorial de emisiones anuales de PM10 para el año 2011 medido en porcentajes	10
Figura 4: Distribución sectorial de emisiones anuales de PM10 para el año 2011 medido en porcentajes	11
Figura 5: Proceso de mejora continua de la calidad del aire.....	12
Figura 6: Diseño del Plan de Monitoreo de material particulado (PM10 y PM2.5).....	13
Figura 7: Muestreador HI-VOL.....	14
Figura 8: Esquema de una modelación	15
Figura 9: Afectación de la salud	16
Figura 10: Puntos de Monitoreo de material Particulado	22
Figura 11: Porcentaje de PM10/8H (Primer punto de monitoreo).....	28
Figura 12: Concentración PM 10 (Primer punto de monitoreo).....	29
Figura 13: Porcentaje de PM 2.5/8 H (Primer punto de monitoreo).....	31
Figura 14: Pesos totales vs vehículos contados (Primer punto de monitoreo)	32
Figura 15: Pesos totales vs vehículos contados (Primer punto de monitoreo)	32
Figura 16: Porcentaje PM10 por 8 horas (Segundo punto de monitoreo)	34
Figura 17: Concentración PM10 (Segundo punto de monitoreo).....	35
Figura 18: % PM2,5 (Segundo punto de monitoreo).	36
Figura 19: Concentración PM 2,5 (Segundo punto de monitoreo).	37
Figura 20: Pesos totales vs total de vehículos.....	37

Figura 21: % PM10 en 8 horas (Tercer punto de monitoreo).	39
Figura 22: Concentración PM10 (Tercer punto de monitoreo).	40
Figura 23: % de PM2,5 en 8 horas (Tercer punto de monitoreo).	41
Figura 24: Concentración de PM2,5 (Tercer punto de monitoreo).	42
Figura 25: Pesos totales vs vehículos (Tercer punto de monitoreo).	43
Figura 26: % PM 10 en 8 horas (Cuarto punto de monitoreo).	44
Figura 27: concentración PM10 (Cuarto punto de monitoreo).	45
Figura 28: % PM 2,5 en 8 horas (Cuarto punto de monitoreo).	46
Figura 29: Concentración PM 2.5 (Cuarto punto de monitoreo).	47
Figura 30: % PM 10 en 8 horas (Quinto punto de muestreo).	48
Figura 31: concentración de PM10 (Quinto punto de muestreo).	49
Figura 32: %PM2.5 (Quinto punto de muestreo).	50
Figura 33: Concentración (Quinto punto de muestreo).	51
Figura 34: Concentración de PM 10	52
Figura 35: Concentración de PM 2.5	53
Figura 36: Concentración de PM 10 diferenciado por días de la semana.	54
Figura 37: Concentración de PM 2.5 diferenciado por los días de la semana.	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Concentración de contaminantes primarios.....	8
Tabla 2: Concentración de contaminantes según la Normativa Ambiental Vigente Ecuatoriana	9
Tabla 3: Equipos y materiales utilizados	18
Tabla 4: Ubicación de los puntos de monitoreo.....	21
Tabla 5: Resultados del monitoreo PM 10 (Primer punto de monitoreo).....	28
Tabla 6: Porcentaje de PM10/8H (Primer punto de monitoreo)	29
Tabla 7: Resultados del monitoreo PM 2,5 (Primer punto de monitoreo)	30
Tabla 8: Porcentaje de PM 2.5/8 H (Primer punto de monitoreo)	31
Tabla 9: Resultados del monitoreo PM 10 (Segundo punto de monitoreo).....	33
Tabla 10: Porcentaje PM10 por 8 horas (Segundo punto de monitoreo).....	34
Tabla 11: Resultados del monitoreo PM 2,5 (Segundo punto de monitoreo).....	35
Tabla 12: % PM2,5 (Segundo punto de monitoreo).....	36
Tabla 13: Resultados del monitoreo PM 10 (Tercer punto de monitoreo).	38
Tabla 14: % PM10 en 8 horas (Tercer punto de monitoreo).	39
Tabla 15: Resultados del monitoreo PM 2,5 (Tercer punto de monitoreo).	40
Tabla 16: % de PM2,5 en 8 horas (Tercer punto de monitoreo).....	41
Tabla 17: Resultados del monitoreo PM10 (Cuarto punto de monitoreo).....	43
Tabla 18: % PM 10 en 8 horas (Cuarto punto de monitoreo).	44
Tabla 19: Resultados del monitoreo PM2,5 (Cuarto punto de monitoreo).....	45
Tabla 20: % PM 2,5 en 8 horas (Cuarto punto de monitoreo).....	46

Tabla 21: Resultados del monitoreo PM10 (Quinto punto de muestreo)	47
Tabla 22: % PM 10 en 8 horas (Quinto punto de muestreo).....	48
Tabla 23: Datos recopilados (Quinto punto de muestreo).....	49
Tabla 24: %PM2.5 (Quinto punto de muestreo).	50

RESUMEN

La presente investigación monitoreó y evaluó los contaminantes presentes en la atmósfera que alteran la calidad del aire ambiente, en cuanto a lo que tiene que ver con el material particulado gravimétrico en las inmediaciones de la Universidad Politécnica Salesiana “Campus Sur”. Con la finalidad de proporcionar información que permita tomar medidas de prevención de enfermedades respiratorias.

Para la evaluación de los contaminantes atmosféricos se empleó la ayuda de un muestreador de material particulado de alto volumen Hi-Vol para PM10 y otro para PM 2.5. Los mismos que nos permitieron determinar la concentración de cada uno de los contaminantes. Se empleó el método gravimétrico (CFR) “Code of Federal Regulation, respaldado por el Acuerdo Ministerial 097A Anexo 4 y al Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE).

Estos contaminantes se modelaron con el programa ArcMap 10.5 donde se ve las áreas más contaminadas en los alrededores de la zona de estudio, obteniendo como resultado que en los 5 puntos de monitoreo se cumple con los límites máximos permisibles estipulados en la norma de Calidad del Aire Ambiente o Nivel de inmisión, Anexo 4, A.M. 097A y al A.M.0.61 que sustituye al LIBRO VI, TULSMA. Los mismos que a su vez fueron relacionados con la cantidad de vehículos livianos y pesados que circulaban en las inmediaciones de la Universidad Politécnica Salesiana “Campus Sur”, revelando su influencia directa con los resultados obtenidos del monitoreo.

ABSTRACT

This research evaluated and monitored contaminants in the atmosphere that affect the quality of ambient air, as to what that has to do with the gravimetric particulate matter in the vicinity of the Polytechnic Salesian University "Campus Sur". In order to provide information to make prevention of respiratory diseases.

For the evaluation of air pollutants using a particulate sampler high Hi-Vol Volume PM10 PM and another for 2.5 was used. They enabled us to determine the concentration of each pollutant. the gravimetric method (CFR) "Code of Federal Regulation, backed by AM 097a Annex 4 and the Ecuadorian Accreditation Service (SAE) was used.

These pollutants were modeled with ArcMap 10.5 program where you see the most polluted areas around the study area, resulting in the 5 points of monitoring compliance with the maximum permissible limits stipulated in the standard Air Quality environment or immission level, Annex 4, AM 097a and AM0.61 replacing BOOK VI, TULSMA. They in turn were related to the amount of light and heavy vehicles circulating in the vicinity of the Salesian University "Campus Sur", revealing its direct influence on the results of monitoring.

1. INTRODUCCIÓN

El material particulado se constituye en uno de los criterios más importantes al momento de evaluar la contaminación del aire, debido a la gran diversidad de fuentes que lo pueden producir y a los efectos que tiene sobre la salud. La Organización Mundial de la Salud estimó que una de cada nueve muertes en todo el mundo es el resultado de las condiciones relacionadas a la contaminación atmosférica (OMS, 2016)

La ciudad de Quito es la segunda ciudad capital más alta del mundo que se encuentra a 2850 msnm al lado occidental de la cordillera de los Andes (FLACSO, 2015). La altura que presenta contribuye a la disminución de oxígeno la cual afecta directamente a la densidad del aire y a su composición, provocando que los procesos de combustión sean ineficientes o se vean afectados.

La topografía de Quito se presenta en forma de una cuenca hidrográfica, rodeada por el macizo del Guagua y el Ruco Pichincha formando una barrera natural que impiden la libre circulación del viento.

Hablar de contaminación en la calidad de aire ambiente conlleva a involucrar directamente al parque automotor, debido a que es una variable que va en crecimiento constante. Quito presenta una gran cantidad de vehículos que debido a su topografía de cuevas pronunciadas ocasionando que el automotor haga un mayor esfuerzo generando grandes cantidades de azufre y material particulado (Páez C., 2008). A esta problemática hay que añadir que el parque automotor está en constante crecimiento y esto genera cada vez más la contaminación atmosférica, Pichincha es una de las Provincias con más vehículos matriculados en el Ecuador con 492.568 vehículos. (INEC, 2015)

Para el desarrollo de la presente investigación se va a considerar las inmediaciones de la Universidad Politécnica Salesiana (campus Sur) ya que existe una gran afluencia vehicular debido a que es una zona muy poblada, rodeada de institutos de Educación, industrias, centros comerciales, mercados etc. La presencia vehicular genera una gran contaminación atmosférica, al igual que lo hace las industrias de la zona, he ahí la importancia de evaluar el impacto ambiental generado por el material particulado, así como también los posibles daños o efectos que se puedan generar hacia la población de la zona de estudio.

La gestión de la contaminación atmosférica es uno de los temas menos trabajados en el Ecuador, apenas con la creación de La Corporación Municipal de Mejoramiento de la Calidad de aire en Quito (CORPAIRE) y de La Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito (REMMAQ), se empezó a obtener datos de buena calidad, los mismos que permiten poner en marcha técnicas de prevención y control de la contaminación principalmente aquellas de origen vehicular (Páez C., 2008)

Los modelos atmosféricos de dispersión de los contaminantes ocupan un papel muy importante, debido a que permite simular condiciones reales de transporte y dispersión de los contaminantes como producto de la interacción con las condiciones meteorológicas de la zona así como también las fuentes que lo producen, además que permitirá a los planificadores urbanos tomar determinación en cuanto a la gestión ambiental, para así poder determinar políticas serias de protección y regulación ambiental (Astudillo M., 2012)

En base a los resultados que arroje esta investigación se tomara en cuenta la responsabilidad que tiene el parque automotor y su relación directa o indirecta con el

material particulado que se genera en las inmediaciones de la Universidad Politécnica Salesiana (campus sur), para conocer la dispersión del contaminante es necesario obtener datos meteorológicos de la zona de estudio en este caso se obtendrán los datos de la estación meteorológica que está ubicada en el interior de la Universidad, estos datos son totalmente confiables ya que dicha estación forma parte de Red Nacional de Observaciones hidrológicas y meteorológicas del INAMHI.

En la Universidad Politécnica Salesiana (UPS), se ve la necesidad de analizar el comportamiento de estos contaminantes atmosféricos debido a que existe un masivo flujo vehicular en las avenidas Rumichaca y Moran Valverde además que también puede ser influenciado por las industrias que se encuentran en la cercanía de dichas avenidas, afectando a la calidad del aire y exponiendo a toda la población que se encuentre en la zona de estudio.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Determinar las concentraciones de los valores de PM 10 y PM 2.5 en los puntos de monitoreo en la Universidad Politécnica Salesiana campus Sur

2.2 Objetivos específicos

Realizar un plan de monitoreo de las concentraciones de PM 10 Y PM 2.5

Determinar el impacto ambiental de los contaminantes monitoreados, así como también su dispersión en la zona de estudio.

Determinar las concentraciones de pm 2,5 y pm 10 y la influencia directa que produce el parque automotor de la zona de estudio.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Contaminación Atmosférica

Es la alteración, afectación o degradación del aire-ambiente y se describe como “la emisión al aire de sustancias peligrosas a una tasa que excede la capacidad de los procesos naturales de la atmósfera para transformarlos, precipitarlos y depositarlos o diluirlos por medio del viento y el movimiento del aire” (Romero, Olite, y Álvarez, 2006, p.2). La contaminación del aire puede ser de origen natural o antropogénico y se entiende por la introducción de sustancias gaseosas o sólidas a la atmósfera (Ministerio de Ambiente de Perú, 2010).

3.2. Fuentes de Contaminación

De acuerdo con el Ministerio del Ambiente (MAE) para el año 2014, existen tres fuentes de emisión de contaminantes:

3.2.1. Móviles

Corresponden a aquellas unidades motrices, vehículos (diésel y gasolina) que sirven como medio de transporte terrestre.

3.2.2. Fijas

Instalaciones ubicadas en un espacio físico determinado, destinados a ejecutar procesos industriales de servicio o comerciales.

3.2.3. Área

Definidos como puntos de emisión de contaminantes, donde se desarrollan actividades como el uso de solventes, tráfico aéreo, ladrilleras, rellenos sanitarios, distribución y almacenamiento de GLP y gasolina.

3.3. Material Particulado

De acuerdo al TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (TULSMA), anexo 3 del libro VI, material particulado hace referencia “al constituido por material sólido o líquido en forma de partículas, con excepción del agua no combinada, emitido por la fuente fija hacia la atmósfera” (p.39). De la misma forma se define como un contaminante de origen primario, procedente del empleo de combustibles fósiles, cuya combustión es ineficiente (Gaviria, Benavides, y Tangarife, 2011).

3.3.1 Tipos de Material Particulado

El material particulado se clasifica según su granulometría o tamaño, siendo su clasificación PM10-fracción gruesa y PM2.5 fracción fina (Arrieta, 2016), considerados indicadores de calidad de aire, que generan un impacto a la salud, debido a sus características toxicológicas (Meza, Quintero, García, y Ramírez, 2010). Sus fuentes de contaminación son de origen antropogénico tales como industrias, combustión vehicular, tala de árboles, incineradores y residuos de combustión incompleta, mientras de origen natural encontramos material proveniente de procesos de erosión de suelos, actividades volcánicas y polen (Quijano, Quijano, y Henao, 2010).

Según su clasificación, existen dos tipos de material particulado:

- **PM10:** corresponden a partículas de diámetro menores a 10 micrómetros, generadas a partir de procesos de combustión no controlada, siendo sus principales fuentes antropogénicas fijas: como industrias (fundición, cerámica y pintura), plantas de energía y móviles: provenientes de la combustión de vehículos a diésel, cuyas partículas constituidas por material sólido y líquido

de diversa composición y tamaño son emitidas a la atmósfera (Canales, Quintero, Castro, y García, 2014).

- **PM2.5:** concentra partículas generalmente ácidas de diámetro menores a 2.5 micrómetros, generadas por la combustión de combustibles fósiles principalmente quema agrícola y producción manufacturera (Gaviria et al., 2011).

3.4. Calidad de aire de la ciudad de Quito

El modelo de desarrollo humano, la sobrepoblación y la expansión horizontal han generado un acelerado crecimiento del parque automotriz en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), que junto a condiciones propias de la ciudad tales como altitud, topografía, la situación ecuatorial y la cercanía a volcanes en actividad, representa la fuente con mayores emisiones de contaminantes comunes atmosféricos, que si bien no sobrepasan los límites permisibles establecidos en la normativa actual legal vigente, ha generado preocupación, principalmente por la presencia de PM2.5, cuyas partículas representan efectos negativos a la salud, especialmente en zonas urbanas, sometidas a un intenso tráfico vehicular, en referencia a lo mencionado, según datos obtenidos durante el año 2005 por las estaciones meteorológicas de la Red de Monitoreo de Aire de Quito, para PM10 y PM2.5 registraron una excedencia en sus niveles conforme a la normativa vigente para entonces, tomando en cuenta que las zonas con mayores índices de contaminación fueron Centro y Sur de la ciudad (Díaz y Páez, 2006), frente a tal situación, el Municipio del DMQ, a través de la CORPAIRE ejecutan acciones de prevención, control y monitoreo de la calidad de aire en la ciudad de manera planificada y sistemática (Páez, 2012).

En cuanto a la situación de la calidad de aire con respecto al material particulado, según el último inventario de emisiones de contaminantes, realizado por el Ministerio del Ambiente y la CORPAIRE en el DMQ para el año 2011, muestran las concentraciones de material particulado PM10 y PM2.5 emitidas a la atmósfera (Ver tabla 1).

Tabla 1: Concentración de contaminantes primarios.

Fuentes	Contaminantes Primarios (ton/año)	
	PM10	PM2.5
Móviles	1095	832
Fijas	372	226
Aéreas	1829	278
Total	3292	1337

Nota: En la figura 1 y 2 se observa la distribución espacial de emisiones anuales de PM10 y PM2.5 respectivamente, presentada en rangos en función a los datos presentados en la tabla 1.

Fuente: (Baca, 2014).

Elaborado por: J. Rubio

De acuerdo con PM10: el 55,4% de emisiones es generada por fuentes áreas, siendo las principales causas: canteras, erosión eólica del suelo y vías no asfaltadas, en segundo lugar con el 33,2% se encuentran las emisiones generadas por fuentes móviles siendo los buses y vehículos pesados (diésel) los mayores contribuyentes, finalmente con un 11,3% es destinadas a fuentes fijas, en cuanto a PM2.5, el 62.2% de las emisiones proviene de fuentes móviles (vehículos a diésel), seguido con 20,8% por fuentes aéreas, mientras el 16,9% restante se atribuye a fuentes fijas especialmente a incineradores y quema de combustibles (Baca, 2014).

Con respecto a la Normativa Ambiental Vigente Ecuatoriana, los niveles de concentración de PM10 y PM2.5 medidos en el año 2011 (Ver tabla 1), no sobrepasan los límites máximos permisibles según la tabla 2

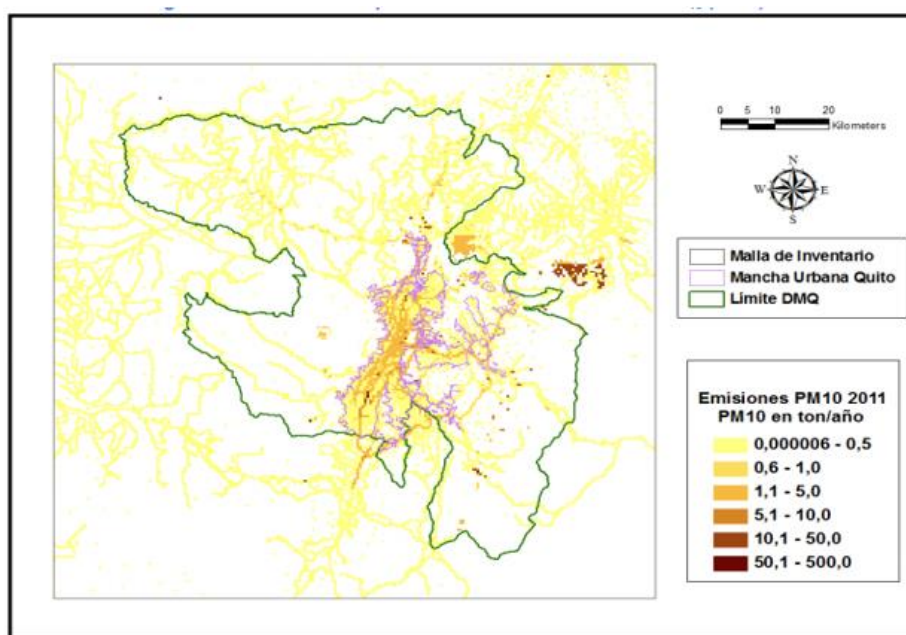
Tabla 2: Concentración de contaminantes según la Normativa Ambiental Vigente Ecuatoriana

Contaminantes y periodo de tiempo	Criterios		
	Alerta	Alarma	Emergencia
Material particulado PM10 concentración en 24h ($\frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}$)	250	400	500
Material particulado PM2.5 concentración en 24h ($\frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}$)	150	250	350

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Calidad del Aire, 2018).

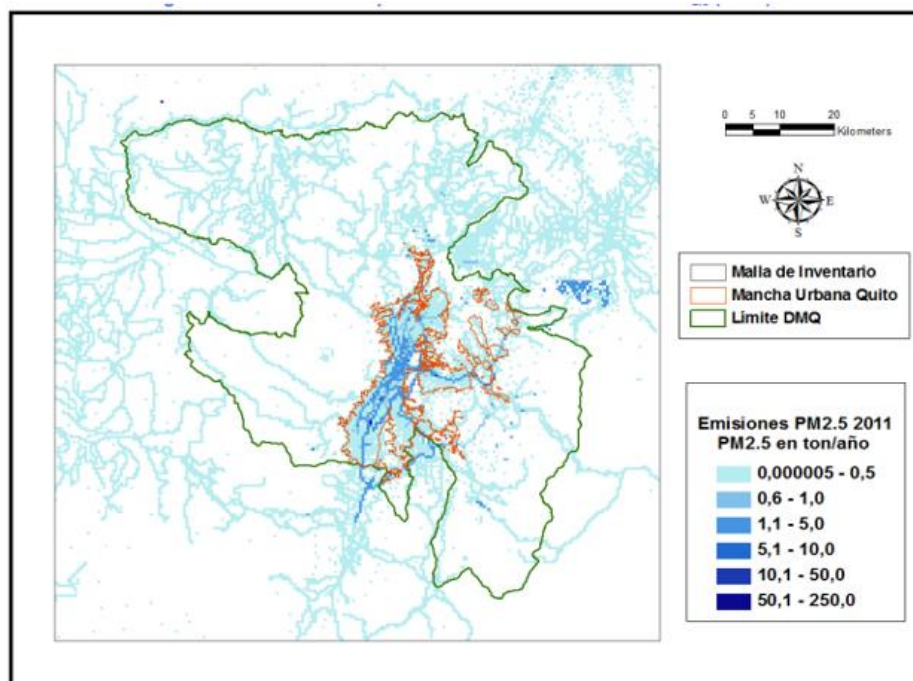
Elaborado por: J. Rubio

Figura 1: Distribución espacial de emisiones PM10



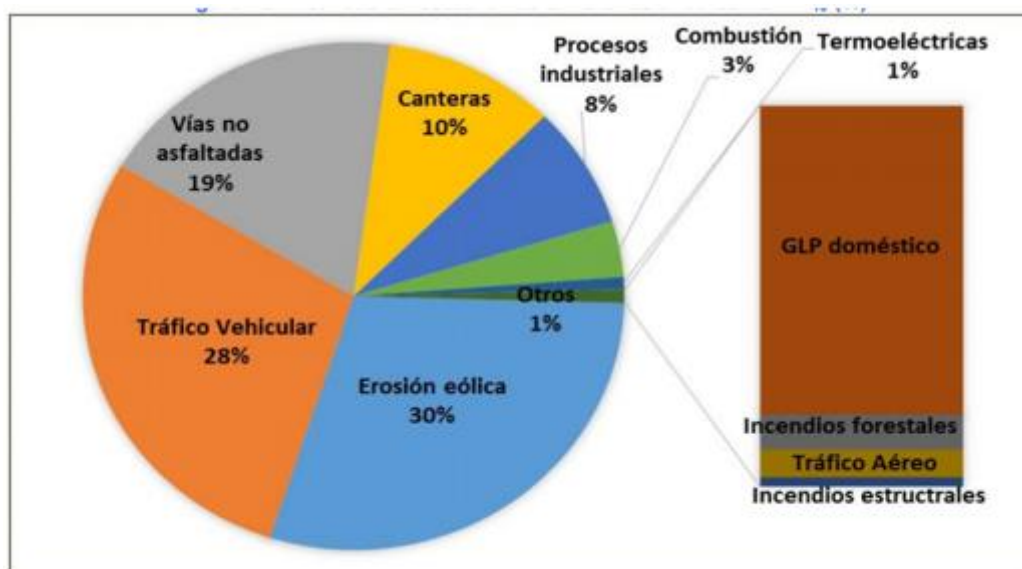
Elaborado por: J. Rubio

Figura 2: Distribución espacial de emisiones anuales PM 2.5



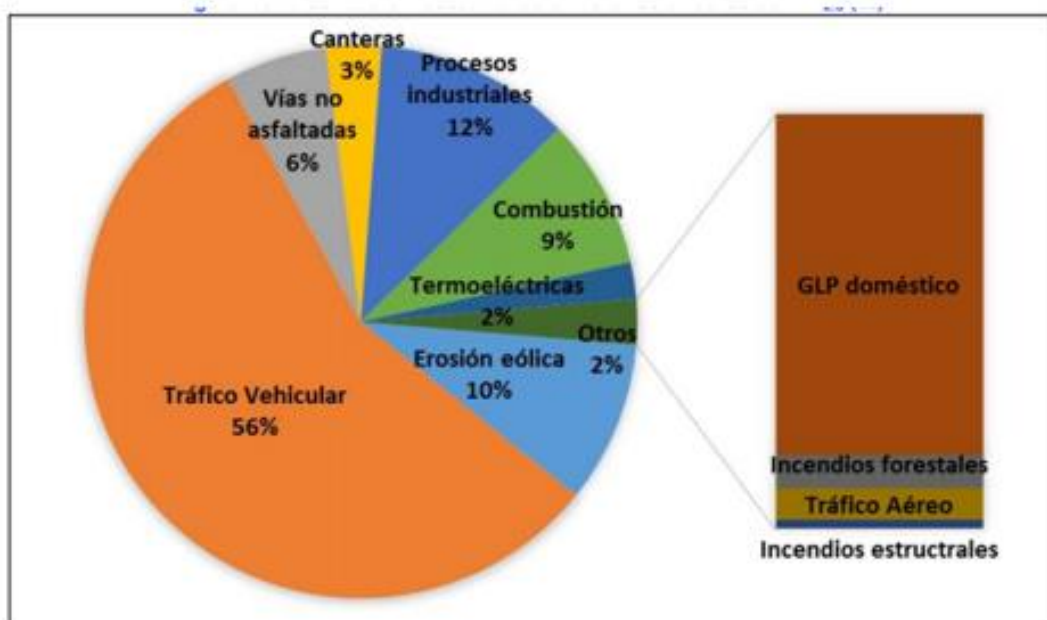
Elaborado por: J. Rubio

Figura 3: Distribución sectorial de emisiones anuales de PM10 para el año 2011 medido en porcentajes



Elaborado por: J. Rubio

Figura 4: Distribución sectorial de emisiones anuales de PM10 para el año 2011 medido en porcentajes



Elaborado por: J. Rubio

3.4. Monitoreo de aire

Las principales fuentes de contaminación por material particulado en el área de estudio son el tráfico vehicular y las emisiones generadas por fuentes fijas, principalmente de ciertas industrias colindantes al sector, razón por la cual se generó un plan de monitoreo de aire (Ver Figura 3), definido como aquella actividad o conjunto de metodologías desarrolladas para muestrear, procesar y analizar en forma sistemática y continua los cambios que ocurren con el tiempo en las concentraciones de los contaminantes analizados en el presente estudio y para el área definida, por consiguiente un monitoreo debe generar un proceso de mejora continua de la calidad de aire (Ver Figura 4), que permita identificar y evaluar las principales causas que generan la contaminación del aire, información necesaria que permite a investigadores, legisladores y planificadores desarrollar planes

integrales de gestión del aire basado en políticas y estrategias que garanticen la prevención, control y mejora del recurso (INE, s.f.).

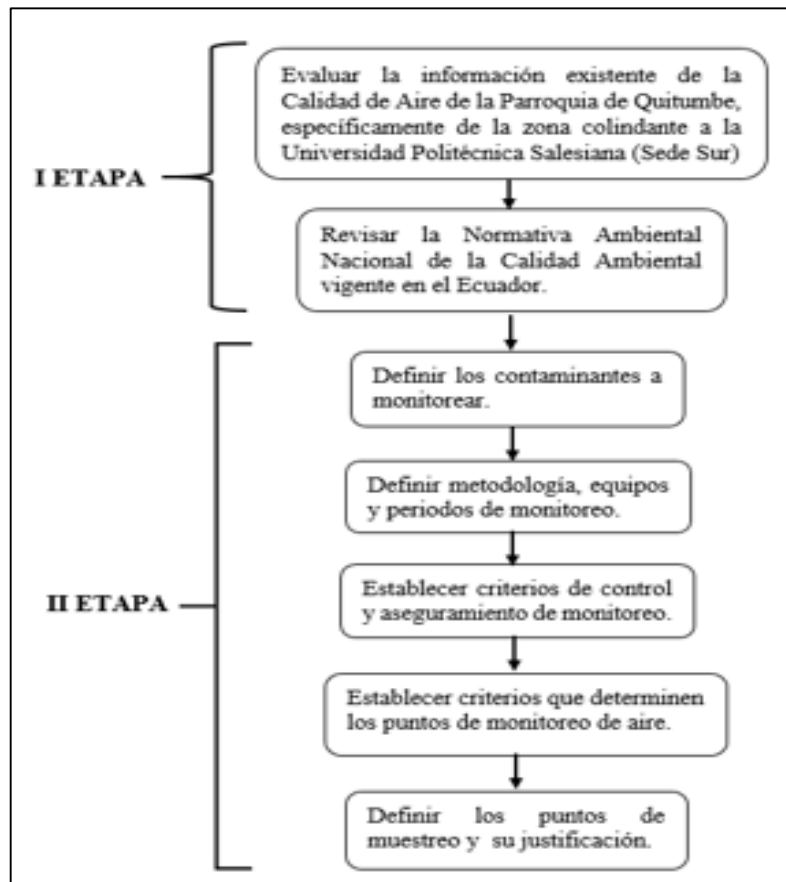
Figura 5: Proceso de mejora continua de la calidad del aire.



Fuente: (INE, s.f.)

Elaborado por: J. Rubio

Figura 6: Diseño del Plan de Monitoreo de material particulado (PM10 y PM2.5)



Fuente: (Walsh, s.f.)
Elaborado por: J. Rubio

La calidad del aire requiere de un monitoreo acertado y permanente para determinar todos los parámetros de mayor contaminación, como lo son; PM10 y PM2.5, perjudiciales para la salud de las personas. (Walsh, 2010)

Para realizar un adecuado monitoreo en este estudio se necesitó la utilización de equipos de alto volumen (Ver figura 7) un Muestreador Hi-Vol para pm10 y un Muestreador Hi-Vol para pm2,5, estos equipos tienen la aprobación de la US-EPA y generalmente operan las 24 horas.

Figura 7: Muestreador HI-VOL



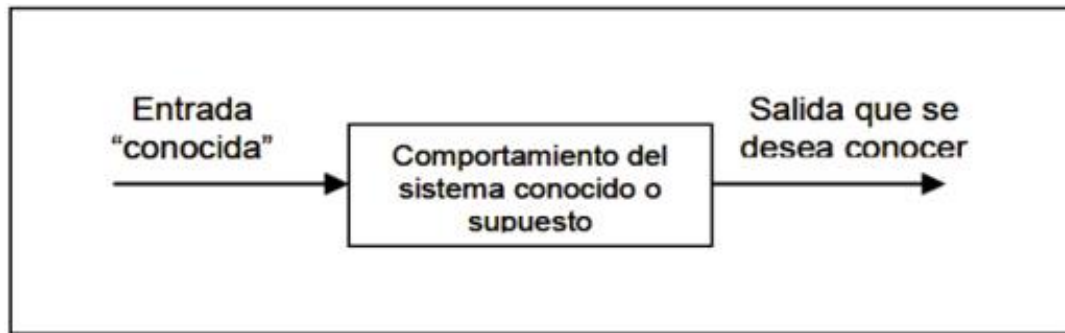
Fuente: (CLIMA, 2017)

Elaborado por: J. Rubio

3.5. Modelación

Como resultado del plan de monitoreo de aire, se obtiene una serie de datos de emisiones, dando paso a un modelamiento de dispersión de contaminantes, para lo cual partiremos por definir el término modelación, haciendo referencia a un proceso que permite obtener resultados o predecir lo que en un futuro podría ocurrir a partir de un conjunto de datos o inputs (Ver figura 8), para el caso del presente estudio los datos de entrada corresponden a la tasa de emisión del contaminante, las condiciones meteorológicas, la topografía del terreno etc., mientras los datos de salida son los niveles de contaminación a una determinada distancia de la fuente emisora o la concentración del contaminante depositado en un cuerpo receptor (Cabrera, 2012).

Figura 8: Esquema de una modelación



Fuente: (Cabrera, 2012)

Elaborado por: J. Rubio

3.6. Modelación atmosférica

Los modelos de dispersión de contaminantes (MDC), determinan en tiempo y espacio el cambio en la concentración de un contaminante, a fin de predecir su comportamiento y su influencia en la calidad del aire y de esta forma generar información para la toma de decisiones políticas y de planificación respecto a su gestión (Cabrera, 2012). De igual forma un MDC calcula la concentración de contaminantes presentes en un área determinada, permitiendo extrapolar la información obtenida de un punto a miles de lugares, de igual forma un modelo de dispersión genera predicciones futuras sobre el comportamiento y concentración de los contaminantes atmosféricos, por consiguiente su cálculo considera datos de emisiones¹ (inputs) e inmisiones² (output) (Represa, 2011). Para el presente estudio no se podrá modelar el comportamiento y la dispersión del

¹ “Descarga de una sustancia o elemento al aire, en estado sólido, líquido o gaseoso, o en alguna combinación de estos, provenientes de una fuente fija o móvil” (MAVDT, 2008, p.13).

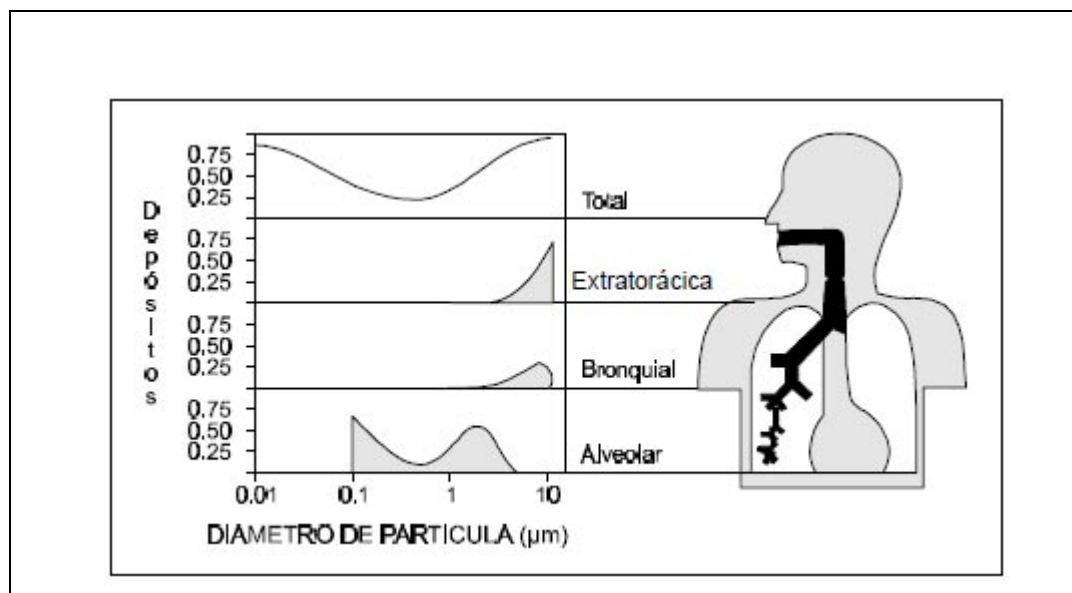
² “Transferencia de contaminantes de la atmósfera a un receptor. Se entiende por inmisión a la acción opuesta a la emisión. Aire inmiscible es el aire respirable a nivel de la troposfera” (MAVDT, 2008, p.13).

contaminante debido a que se tiene como entrada varias fuentes móviles que vendrían hacer cada uno de los vehículos livianos y pesados que circulan por la zona de estudio.

3.7. Problemas de salud asociados a la exposición de Material Particulado PM10 y PM2.5

El aparato respiratorio, es el principal sistema afectado por la inhalación de material particulado, la concentración de partículas almacenadas en el organismo depende de la forma, tamaño y densidad de las partículas (Ver figura 9), mientras el nivel de afección se encuentra relacionada a varios factores tales como actividad, tiempo, lugar, grado de exposición, concentración del contaminante, granulometría, morfología y composición química de las partículas, así como edad, sexo, niveles socio-económicos, estado nutricional, presencia de enfermedades respiratorias y predisposición genética (Alvis, 2012).

Figura 9: Afectación de la salud



Fuente: (Alvis, 2012)

Elaborado por: J. Rubio

Una exposición a PM10, registra según estudios, efectos en la salud a nivel superior, debido a su gran tamaño, siendo las afecciones más comunes congestión nasal, sinusitis, reacciones alérgicas, irritación en las vías respiratorias y ojos, tos, fiebre del heno entre otros (Gaviria et al., 2011), mientras las enfermedades relacionadas a la exposición de PM2.5 o inferiores, al representar una fracción fina, genera mayor agresividad a la salud ya que son respirables en un 100%, es decir ingresan al sistema respiratorio alojándose en los alveolos pulmonares hasta llegar al torrente sanguíneo, causando enfermedades respiratorias, cardíacas, bronquitis, asma, enfisema, y en casos severos cáncer pulmonar y anomalías reproductivas como consecuencia a la toxicidad que las mismas poseen siendo los más representativos, metales pesados y compuestos orgánicos (Quijano, Quijano, y Henao, 2010).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Equipos y Materiales

Para el Desarrollo del trabajo de investigación se utilizó equipos y materiales para poder realizar el monitoreo de material particulado pm 10 y pm 2,5 los cuales se detallan a continuación en la fase de campo.

4.1.1. Fase de campo:

Tabla 3: Equipos y materiales utilizados

Equipos para el monitoreo	Marca	Modelo	Materiales
Muestreador Hi-Vol para pm10	HVP	5300AFC	Filtros para muestrear pm10
Muestreador Hi-Vol para pm2,5	HVP	5300AFC	Filtros para muestrear pm2,5
Balanza Digital	Mettler Toledo	AB204-S/FACT	Vaso de precipitación

Elaborado por: J. Rubio

4.2. Análisis de Datos:

Se utilizó el programa ArcMap 10.5 para poder realizar la interpolación de los datos de los 5 puntos de monitoreo identificados en el mapa y para poder realizar la evaluación de los resultados arrojados del monitoreo, y saber que lugares son los más afectados en las inmediaciones de la Universidad Politécnica Salesiana “Campus Sur”.

4.3. Método

4.3.1. Método descriptivo:

- *Obtención de los datos en la fase de monitoreo*

Se recopiló datos de las concentraciones de partículas suspendidas totales mediante el monitoreo del aire con equipos de alto volumen como son el Muestreador Hi-Vol de pm 10 y el Muestreador Hi-Vol de pm 2,5. Estos equipos están protegidos por una estructura metálica de aluminio anodizado, con caperuza escualizable de forma de tejado a dos aguas, el muestreador consta de una unidad porta filtro, ajustada a una carcasa plástica que contiene un motor de 6,25 Amperios, 745 vatios, 0,5 HP de potencia, 1800 rpm, tasa de flujo entre 20 y 60 pies cúbicos por minuto y 115 voltios de energía.

El área de estudio fue las inmediaciones de la Universidad Politécnica Salesiana se escogió 5 puntos representativos que pudieran reflejar las condiciones de la calidad del aire de la zona, de los cuales 3 se consideró los puntos más vulnerables a los que se está expuesto a la contaminación atmosférica de la zona y los otros 2 puntos lugares en el interior de la universidad en los cuales no estaban expuestos a la contaminación directa de los automotores. Además, se tuvo en cuenta que la zona de monitoreo se encuentre despejada y libre de interferencias como la presencia de árboles y edificios con la finalidad de que la muestra sea representativa.

También se utilizó la aplicación “Contador Manual” para poder contar los vehículos en las ocho horas de monitoreo, las cuales se realizaron en un periodo de 08:00 am – 16:00 pm durante 10 días por cada punto de monitoreo. El conteo vehicular se realizó en los 3 puntos más vulnerables de la zona de estudio, los días laborables para tener una mayor

representatividad de la calidad del aire del lugar. El principio de esta aplicación manual fue facilitar el conteo de los vehículos tanto livianos como pesados del lugar de estudio.

4.4. Fase de laboratorio

4.4.1. Pesaje de los filtros PM10 y PM 2,5

En esta fase se procedió a realizar los pesos de los filtros antes y después de ser monitoreados con el equipo Hi-Vol, se utilizó la balanza digital y nos permitió encontrar los pesos iniciales y finales de cada día monitoreo. Es necesario realizar esta diferencia entre el peso final menos el peso inicial para ver el peso real que se obtuvo en las 8 horas de monitoreo expresadas en (μg).

4.5. Población y muestra

4.5.1. Población

Para el monitoreo de material particulado se tomó como población las inmediaciones de la Universidad Politécnica Salesiana (UPS) “Campus Sur” y las avenidas que la rodean como la Av. Rumichaca Ñan y Av. Moran Valverde.

4.5.2. Muestra

Para la fase de monitoreo se tomó 5 puntos, los más relevantes y representativos de la zona de estudio, 3 puntos los más expuestos a la contaminación atmosférica generada por el parque automotor, y 2 puntos que no tienen influencia del mismo.

4.6. Descripción del Método

4.6.1. Método para el monitoreo en la fase de campo

- *Selección de los puntos de monitoreo*

Para la selección de los puntos de monitoreo se procedió a escoger los puntos más representativos de la zona, donde permitan reflejar las condiciones de la contaminación atmosférica y de la calidad del aire, además se procedió a tomar las coordenadas geográficas con un GPS de precisión los mismos que se indican en la siguiente tabla.

Tabla 4: Ubicación de los puntos de monitoreo

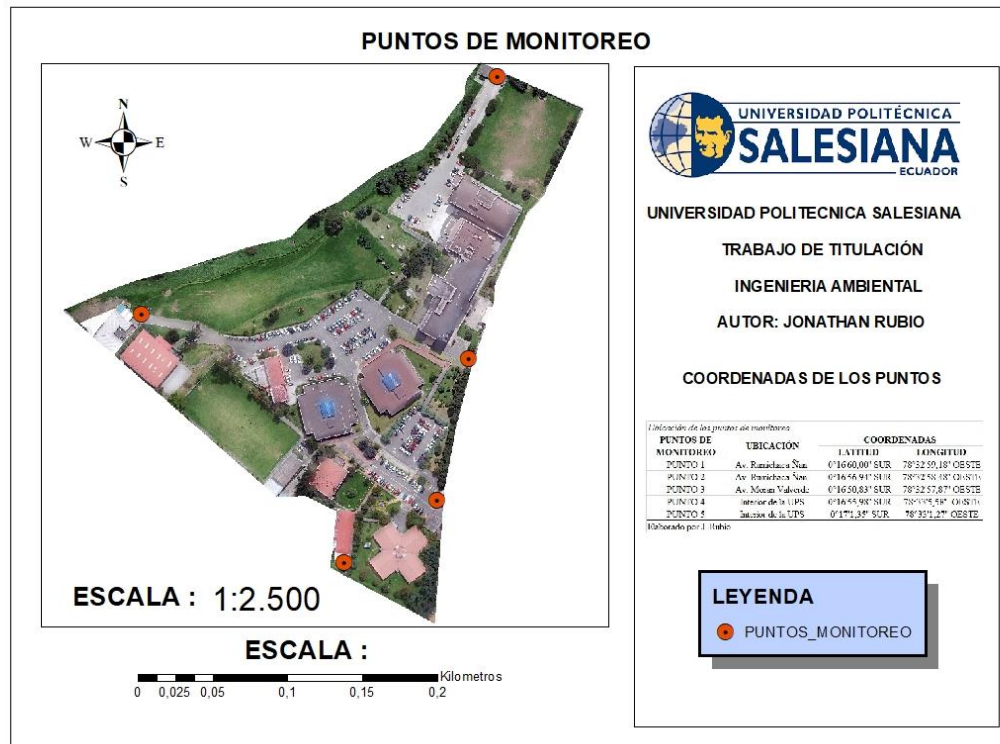
Ubicación de los puntos de monitoreo

PUNTOS DE MONITOREO	UBICACIÓN	COORDENADAS	
		LATITUD	LONGITUD
PUNTO 1	Av. Rumichaca Ñan	0°16'60,00" SUR	78°32'59,18" OESTE
PUNTO 2	Av. Rumichaca Ñan	0°16'56,94" SUR	78°32'58,48" OESTE
PUNTO 3	Av. Moran Valverde	0°16'50,83" SUR	78°32'57,87" OESTE
PUNTO 4	Interior de la UPS	0°16'55,98" SUR	78°33'5,58" OESTE
PUNTO 5	Interior de la UPS	0°17'1,35" SUR	78°33'1,27" OESTE

Elaborado por: J. Rubio

Además de obtener las coordenadas de cada uno de los puntos de monitoreo se procedió a ubicarlos en una ortofoto que fue proporcionada por los estudios de ruido antes realizados en la UPS, a la ortofoto se la represento gráficamente en el programa llamado ArcMap 10.5, el cual nos permite ubicar los 5 puntos de monitoreo (Figura 10)

Figura 10: Puntos de Monitoreo de material Particulado



Elaborado por: J. Rubio

4.6.2. Metodología de Monitoreo

La Metodología que se aplicó para el monitoreo de Material Particulado están basadas en el método gravimétrico 40 Código de Regulaciones Federales o como lo indican sus siglas en inglés (CFR) “Code of Federal Regulation”, parte 60 apéndice A, método 5 y respaldadas por el AM 097A Anexo 4 y al Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE, 2017)

Esta metodología se encarga de monitorear la calidad de aire de la zona de estudio asignada a través de los equipos de alto volumen que realizan este monitoreo por 24 horas, la única diferencia es que se realizará la investigación solo en 8 horas en un horario de

08:00 - 16:00 debido a que los equipos solo pueden ser utilizados en el día por la seguridad que hay que tener en caso de robo, o pérdida de los mismos.

Con respecto al tipo de monitoreo, el método empleado es activo, es decir a través de medios físicos se recolectan muestras de contaminantes mediante un colector en este caso el HI_VOL y la retención de material particulado con un filtro durante un periodo de tiempo determinado, para su posterior análisis (Díaz, 2010).

Mientras la concentración de PM₁₀ y PM_{2.5} se evaluaron mediante el método gravimétrico que según el Manual “Principios de Medición de la Calidad del Aire” realizado por el Instituto Nacional de Ecología (INE) lo define como: “métodos analíticos cuantitativos en los cuales las determinaciones de las sustancias se llevan a cabo por una diferencia de pesos, donde se determina la masa pesando el filtro, a temperatura y humedad relativa controladas, antes y después del muestreo”, metodología de referencia de la CFR (Code of Federal Regulations), la cual emplea dos muestreadores conocidos como HI-VOL marca HVP modelo 5300 (Ver figura 5), equipos que generalmente operan las 24 horas, por su lado la concentración de PM₁₀ emplea un muestreador de alto volumen con cabezal PM₁₀ y filtros de fibra de cuarzo que son colocados antes y después del muestreo en un desecador, mientras la concentración de PM_{2.5} se determinó utilizando un muestreador de bajo volumen (partisol), en su entrada dispone de separadores de partículas finas de diámetro aerodinámico 2.5 micrómetros, se suele emplear filtros de fibra de vidrio que se encuentran dentro ± 5 °C de la temperatura ambiente.

Básicamente el funcionamiento para ambos equipos se centra en succionar una cantidad considerable de aire ambiente que pasa por una caja de muestreo a través de un filtro, finalmente la concentración total de partículas en el aire ambiente o datos de inmisión de

PM10 y PM2.5 se obtiene a partir de la masa total de partículas dividido para el volumen de aire muestreado y se expresa en microgramos por metro cúbico de aire ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Rojano, Angulo, y Restrepo, 2013).

4.6.3. Material particulado PM10 y PM2.5

La determinación de estos parámetros se efectuó de forma continua durante 8 horas al día en un periodo de 08:00 am – 16:00 pm, para esto se utilizaron los equipos de alto volumen o muestreadores Hi-Vol HVP 5300AFC para PM 10 y PM 2,5.

El procedimiento que se realizó consiste en colocar un filtro de fibra de vidrio en cada uno de los equipos, estos filtros de igual manera son especificados para cada equipo y son pesados en una balanza digital antes del monitoreo, Al encender el equipo, el motor succiona cierta cantidad de aire y lo hace pasar a través del Filtro en donde se van a quedar cierta cantidad de partículas, las partículas que logran atravesar pasan por un sensor que detecta el flujo que pasa, este flujo que pasa es el volumen total de aire y el equipo va guardando esta información en una tarjeta de memoria la cual es extraíble para poder descargar dicha información. Luego de las 8 horas de monitoreo el filtro nuevamente se lo lleva a la balanza digital y se pesa el filtro para conocer qué cantidad de partículas fueron capturadas haciendo una diferencia del peso final con el inicial, esta diferencia de peso debe estar en (μg) después se divide el volumen total del aire en (m^3) que paso a través del filtro y obtenemos la concentración del Material Particulado (MP) reportado en ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Este proceso se lo realizo durante 10 días para cada uno de los puntos de monitoreo, obteniendo un total de 50 días de datos de la concentración del MP.

4.6.4. Método para la modelación

- ***Modelación de la concentración de PM 10 Y PM 2,5, en ArcMap 10.5***

Los datos obtenidos en los 50 días de monitoreo se utilizan para poder modelar la concentración de los contaminantes atmosféricos encontrados en cada uno de los puntos de monitoreo, para esta modelación es necesario que los datos sean ingresados directamente en el programa ArcMap 10.5 añadiendo atributos a la tabla base que anteriormente se la realizó en Excel que se tenía al inicio, donde se encontraba solo los puntos de monitoreo.

El programa ArcMap 10.5 nos permite manejar la información obtenida de acuerdo a las necesidades que se vayan presentando en este estudio, obteniendo la diferenciación de datos comparado por días o entre los puntos de monitoreo internos y externos.

4.6.5. Metodología para el cálculo de la concentración de PM 10 y PM 2,5

Este cálculo considera la diferencia de los pesos obtenidos expresados en (μg) sobre el volumen total de aire que arroja el equipo Hi-Vol expresados en (m^3). Cabe recalcar que el Equipo Hi-Vol arroja sus datos en ACF (pies cúbicos actuales) que interpreta los datos con la Temperatura y Presión Barométrica del punto de monitoreo y SCF (pies cúbicos estándar) que interpreta los datos definidos por la norma de la IUPAC (Unión internacional de química pura y aplicada) que especifican una Temperatura de 0°C y una presión absoluta de 100kPa todo esto para PM 2,5.

Para PM10 el equipo Hi-Vol arroja los datos en AL (Litros Actuales) que interpreta los datos con la Temperatura y Presión Barométrica del punto de monitoreo y SL (Litros

estándar) que interpreta los datos definidos por la norma de la IUPAC (Unión internacional de química pura y aplicada) que especifican una Temperatura de 0 °C y una presión absoluta de 100kPa.

Por esta razón en esta investigación se utilizará los datos actuales arrojados por el equipo Hi-Vol con los cuales son interpretados a la temperatura y presión barométrica del lugar de monitoreo y no es necesario utilizar la ecuación de corrección estipulada en el AM 097 Anexo 4.

Para realizar los cálculos de concentración de PM 10 y PM 2,5 de todos los puntos de monitoreo se debe realizar las correspondientes transformaciones.

$$m^3 = \frac{ft^3}{35.315} \Rightarrow 1ft^3 = 0.0283165m^3$$

$$Ejm; 21007ft^3 = 594.84m^3$$

$$1l = 0.001m^3 \quad Ejm; 244451 l = 244.451m^3$$

Fuente: (Rojano, Angulo, y Restrepo, 2013).

La fórmula para poder encontrar la concentración de cada punto de monitoreo se especifica a continuación.

$$Concentración = \frac{Diferencia\ de\ peso\ del\ filtro\ (\mu g)}{volumen\ total\ del\ aire(m^3)}$$

Fuente: ILAM

4.6.6. Modelación Inverse Distance Weighting (IDW)

Esta modelación se la realiza de igual forma en el software ArcMap 10.5 y se encarga de interpolar una superficie de ráster a partir de puntos utilizando una técnica de Distancia Inversa Ponderada (IDW). El valor de salida para una celda que utiliza una distancia inversa ponderada (IDW) se limita al rango de valores utilizados para la interpolación, dado que la IDW es un promedio de la distancia ponderada, el promedio no puede ser mayor que la entrada máxima o inferior en la entrada mínima. Por lo tanto, no puede crear crestas o valles si estos extremos aún no se han demostrado (Watson & Philip 1985)

La interpolación mediante distancia inversa ponderada determina los valores de celda a través de una combinación ponderada linealmente de un conjunto de puntos de muestra. La ponderación es una función de la distancia inversa. La superficie que se interpola debe ser la de una variable dependiente de la ubicación. Este método presupone que la variable que se representa cartográficamente disminuye su influencia a mayor distancia desde su ubicación de muestra. Por lo tanto, esta modelación que se realiza es para poder graficar donde están los puntos con mayor concentración de PM 10 y PM 2,5, así como también los puntos más bajos de dichas concentraciones.

Adicional a lo antes mencionado se graficó las áreas más vulnerables de acuerdo a un mapa donde están ubicados los bloques de la Universidad Politécnica Salesiana “Campus Sur” y donde la influencia de la contaminación de acuerdo a la interpolación con IDW del programa.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Resultados

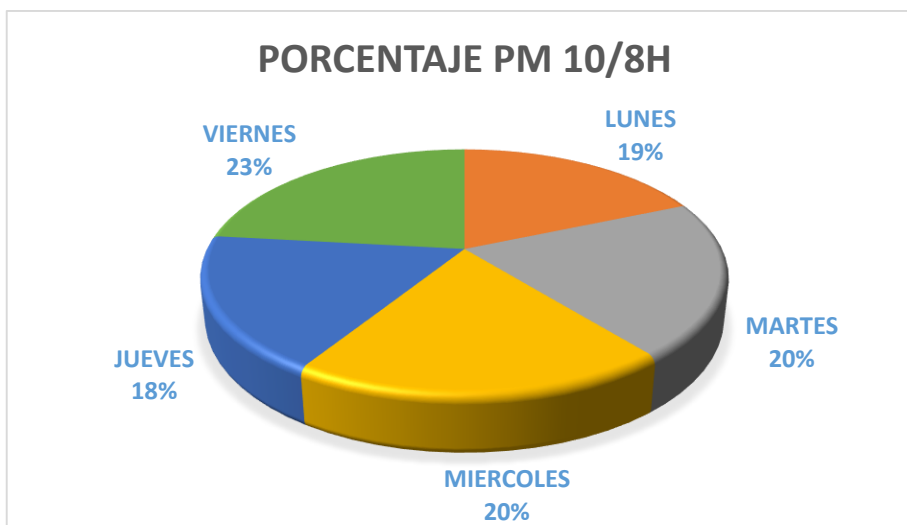
Tabla 5: Resultados del monitoreo PM 10 (Primer punto de monitoreo)

CANTIDAD	DIA	FILTRO PM10 (mg)		DIFERENCIA DE PESOS PM10	VEHICULOS LIVIANOS 8 horas	VEHICULOS PESADOS 8 horas
		PESO INICIAL	PESO FINAL			
1	LUNES	4124.8	4139.2	14400	8120	784
2	MARTES	4118.5	4131.3	12800	8796	664
3	MIÉRCOLES	4141.6	4151.0	9400	6840	700
4	JUEVES	4160.0	4171.2	11200	8752	944
5	VIERNES	4131.5	4147.4	15900	7024	680
6	LUNES	4128.2	4140.2	12000	8200	736
7	MARTES	4103.9	4120.3	16400	8364	692
8	MIÉRCOLES	4126.2	4144.9	18700	7040	736
9	JUEVES	4157.6	4171.7	14100	7544	728
10	VIERNES	4146.0	4163.1	17100	8728	880

Elaborado por: J. Rubio

La figura 11 se evidencia los diferentes valores en μg de PM10 pesados en el filtro. Se tiene muy en cuenta la cantidad de flujo vehicular en el primer punto de monitoreo, fuera de las instalaciones de la Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur, los mismos que fueron recopilados en los diez días de estudio. El resultado del análisis ubica al día viernes en primer lugar en cuanto aporte del 23% del peso total bruto de la medición. El día jueves se tiene un menor aporte del contaminante con un porcentaje que ronda el 18% del peso total neto de las mediciones.

Figura 11: Porcentaje de PM10/8H (Primer punto de monitoreo)



Elaborado por: J. Rubio

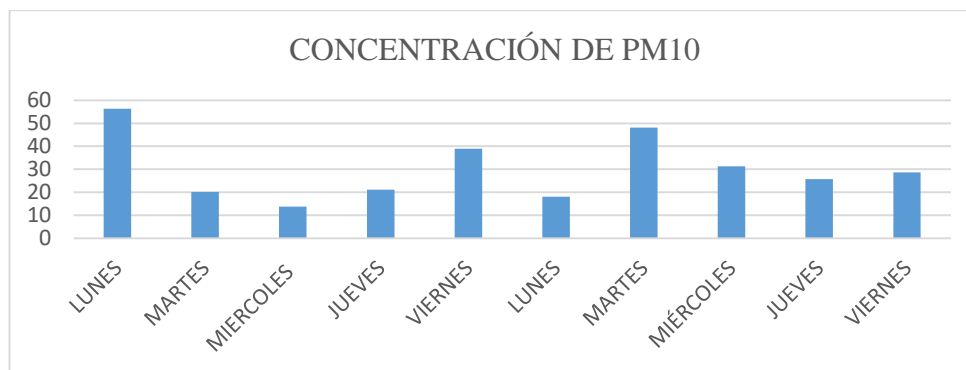
Tabla 6: Porcentaje de PM10/8H (Primer punto de monitoreo)

CANTIDAD	DIA	DIFERENCIA DE PESOS	PORCENTAJE PM 10
		PM10 (µg)	
1	LUNES	26400	18.6
2	MARTES	29200	20.6
3	MIÉRCOLES	28100	19.8
4	JUEVES	25300	17.8
5	VIERNES	33000	23.2

Elaborado por: J. Rubio

La figura 12 muestra de manera detallada las concentraciones de PM10 obtenidas en los filtros, teniendo como resultado una variación fluctuante, debido a los factores meteorológicos del sector. El día con más concentración obtenida en el análisis es el día lunes, dando un resultado de alrededor de 56 µg/ m³ en comparación con la de menor concentración del día miércoles que se obtuvo un resultado aproximado de 13 µg/ m³.

Figura 12:Concentración PM 10 (Primer punto de monitoreo)



Elaborado por: J. Rubio

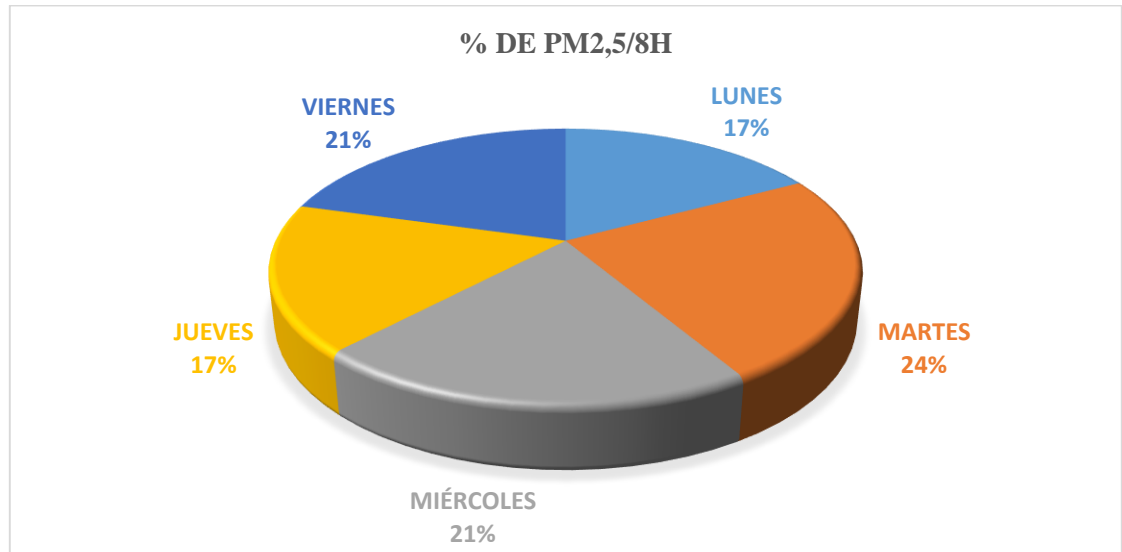
Tabla 7: Resultados del monitoreo PM 2,5 (Primer punto de monitoreo)

DIA	FILTRO PM 2,5 (mg)		DIFERENCIA DE PESOS PM2,5	VEHICULOS LIVIANOS	VEHICULOS PESADOS
	PESO INICIAL	PESO FINAL		8 horas	8 horas
LUNES	4135.6	4137.9	11900	8120	784
MARTES	4116.5	4117.9	17800	8796	664
MIÉRCOLES	4121.6	4126.9	12800	6840	700
JUEVES	4115.7	4117.3	11300	8752	944
VIERNES	4135.6	4137.2	11700	7024	680
LUNES	4148.3	4150.7	14000	8200	736
MARTES	4119.2	4120.8	18800	8364	692
MIÉRCOLES	4099.6	4105.2	18400	7040	736
JUEVES	4141.6	4143.7	14800	7544	728
VIERNES	4126.5	4128.2	19400	8728	880

Elaborado por: J. Rubio

La figura 13 se evidencia los diferentes valores en μg de PM_{2,5} pesados en el filtro. Se tiene muy en cuenta la cantidad de flujo vehicular en el primer punto de monitoreo, fuera de las instalaciones de la Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur, los mismos que fueron recopilados en los diez días de estudio. El resultado del análisis ubica al día viernes un primer lugar en cuanto aporte del 21% del peso total bruto de la medición. El día lunes y jueves se tiene un menor aporte del contaminante con un porcentaje que ronda el 17% del peso total neto de las mediciones.

Figura 13: Porcentaje de PM 2.5/8 H (Primer punto de monitoreo)



Elaborado por: J. Rubio

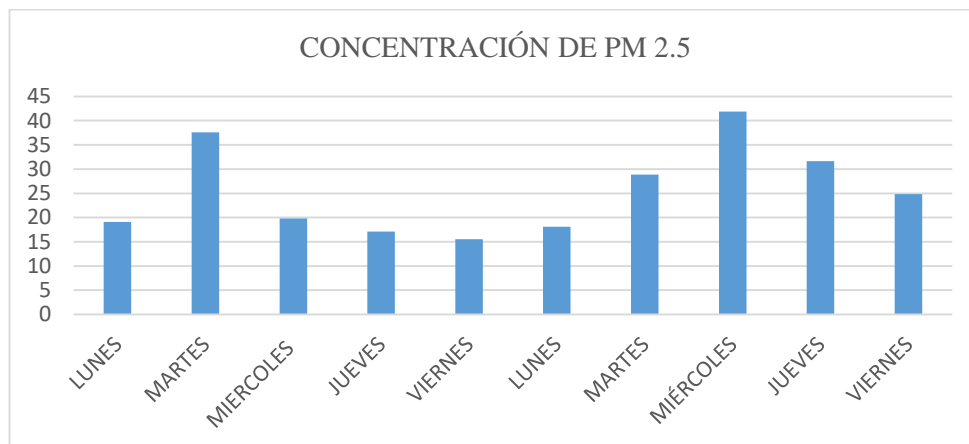
Tabla 8: Porcentaje de PM 2.5/8 H (Primer punto de monitoreo)

CANTIDAD	DIA	DIFERENCIA DE PESOS	PORCENTAJE PM 2.5
		PM2,5	
1	LUNES	25900	17.16
2	MARTES	36600	24.25
3	MIERCOLES	31200	20.68
4	JUEVES	26100	17.30
5	VIERNES	31100	20.61

Elaborado por: J. Rubio

La figura 14 muestra de manera detallada las concentraciones de PM_{2,5} obtenidas en los filtros, teniendo como resultado una variación fluctuante, debido a los factores meteorológicos del sector. El día con más concentración obtenida en el análisis es el día miércoles, dando un resultado de alrededor de 41 µg/ m³ en comparación con la de menor concentración del día viernes que se obtuvo un resultado aproximado de 15 µg/ m³.

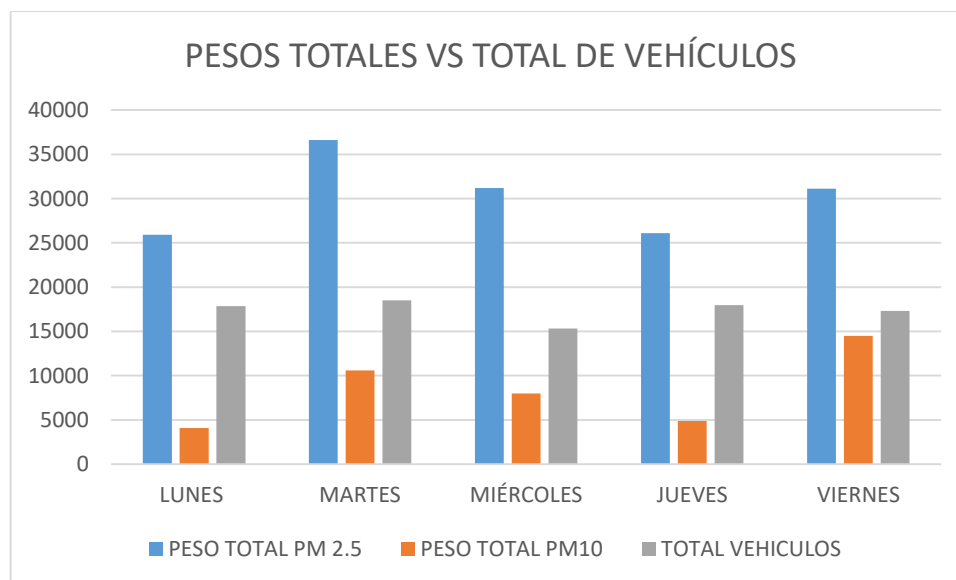
Figura 14: Pesos totales vs vehículos contados (Primer punto de monitoreo)



Elaborado por: J. Rubio

La figura 15 muestra la fluctuación de vehículos y el aporte de los mismos los contaminantes conocidos como PM10 y PM2,5, los mismos que reflejan un resultado oscilante de entre los días de medición y la cantidad de vehículos que aportaron estos contaminantes. La figura muestra que la mayor cantidad aportada fue el día viernes en cuanto al contaminante conocido como PM10 y el contaminante PM2,5 la mayor cantidad se registra el día martes.

Figura 15: Pesos totales vs vehículos contados (Primer punto de monitoreo)



Elaborado por: J. Rubio

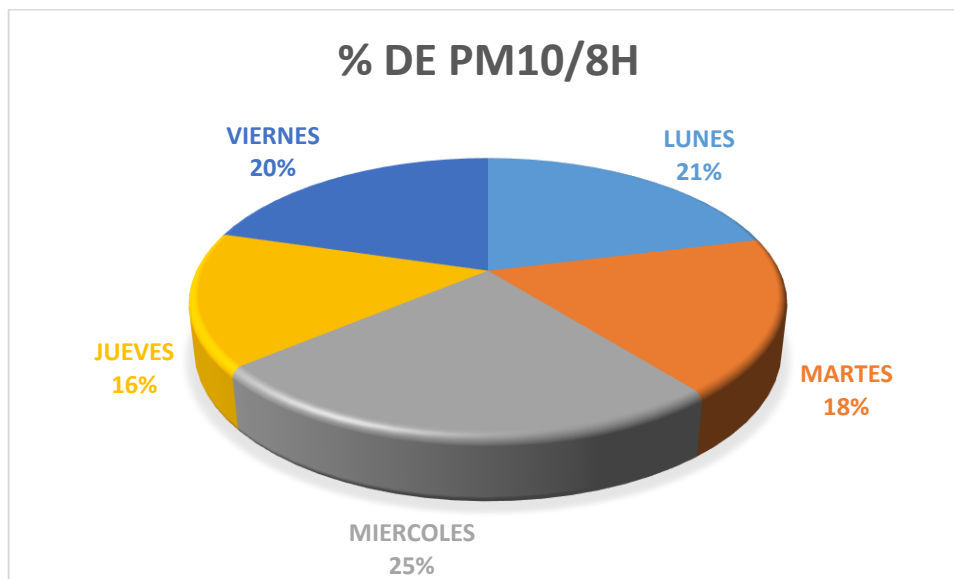
Tabla 9: Resultados del monitoreo PM 10 (Segundo punto de monitoreo)

DIA	FILTRO PM10 (mg)		DIFERENCIA DE PESOS PM10	VEHICULOS LIVIANOS	VEHICULOS PESADOS
	PESO INICIAL	PESO FINAL		8 horas	8 horas
LUNES	4112.1	4131.8	19700	8416	864
MARTES	4165.2	4186.8	21600	8256	840
MIÉRCOLES	4135.4	4162.7	27300	7836	756
JUEVES	4147.6	4165.2	17600	7808	788
VIERNES	4136.8	4157.2	20400	8656	816
LUNES	4103.0	4123.2	20200	8912	880
MARTES	4118.2	4130.8	12600	8272	828
MIÉRCOLES	4140.5	4159.7	19200	7964	840
JUEVES	4108.2	4120.2	12000	8024	840
VIERNES	4092.1	4110.2	18100	8880	872

Elaborado por: J. Rubio

La figura 16 se evidencia los diferentes valores en μg de PM10 pesados en el filtro. Se tiene muy en cuenta la cantidad de flujo vehicular en el segundo punto de monitoreo, fuera de las instalaciones de la Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur, los mismos que fueron recopilados en los diez días de estudio. El resultado del análisis ubica al día viernes un primer lugar en cuanto aporte del 20% del peso total bruto de la medición. El día jueves se tiene un menor aporte del contaminante con un porcentaje que ronda el 16% del peso total neto de las mediciones.

Figura 16: Porcentaje PM10 por 8 horas (Segundo punto de monitoreo)



Elaborado por: J. Rubio

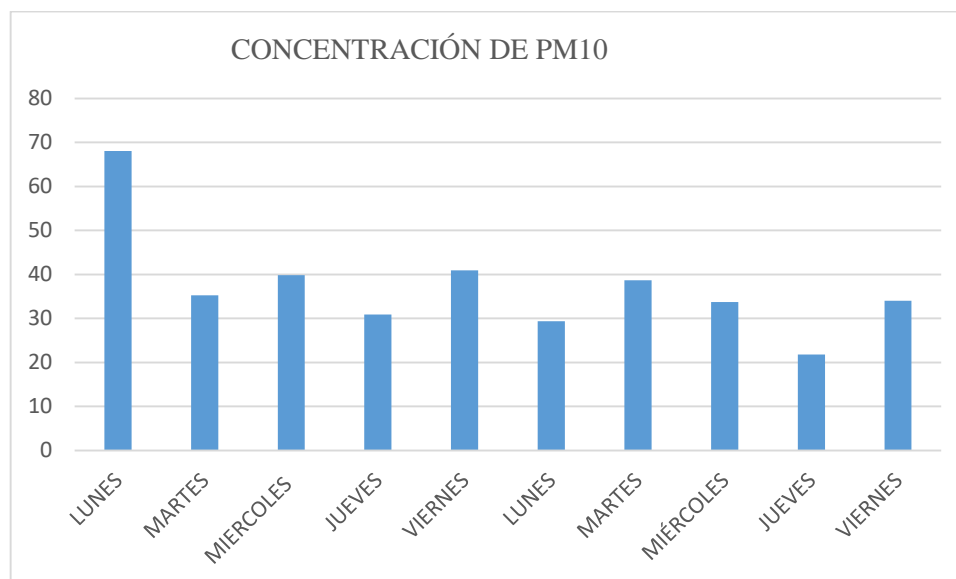
Tabla 10: Porcentaje PM10 por 8 horas (Segundo punto de monitoreo)

CANTIDAD	DIA	DIFERENCIA DE PESOS	PORCENTAJE
		PM10	PM 10
11	LUNES	39900	21.14
12	MARTES	34200	18.12
13	MIERCOLES	46500	24.64
14	JUEVES	29600	15.69
15	VIERNES	38500	20.40

Elaborado por: J. Rubio

La figura 17 muestra de manera detallada las concentraciones de PM 10 obtenidas en los filtros, teniendo como resultado una variación fluctuante, debido a los factores meteorológicos del sector. El día con más concentración obtenida en el análisis es el día lunes, dando un resultado de alrededor de 69 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en comparación con la de menor concentración del día jueves que se obtuvo un resultado aproximado de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 17:Concentración PM10 (Segundo punto de monitoreo).



Elaborado por: J. Rubio

Tabla 11: Resultados del monitoreo PM 2,5 (Segundo punto de monitoreo).

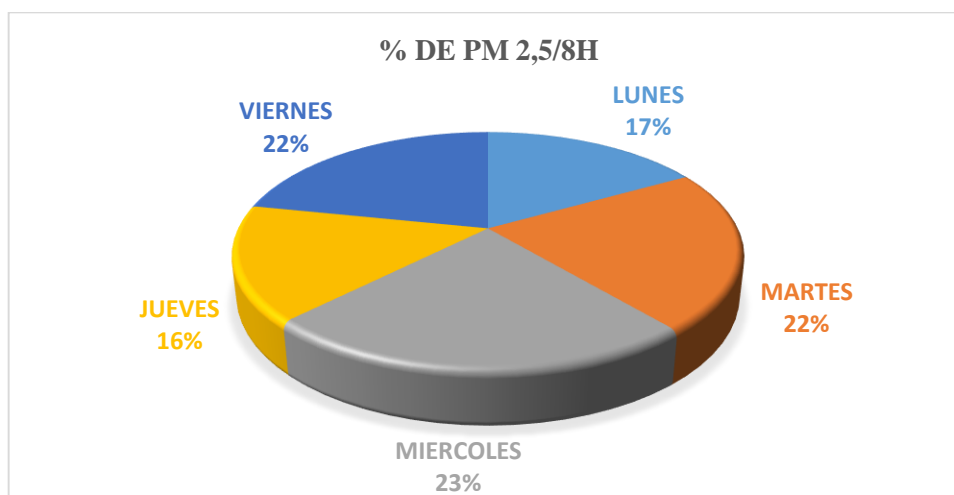
DIA	FILTRO PM 2,5 (mg)		DIFERENCIA DE PESOS PM2,5	VEHICULOS LIVIANOS	VEHICULOS PESADOS
	PESO INICIAL	PESO FINAL		8 horas	8 horas
LUNES	4128.3	4139.3	11000	8416	864
MARTES	4095.5	4114.2	18700	8256	840
MIERCOLES	4107.8	4130.6	22800	7836	756
JUEVES	4130.8	4146.0	15200	7808	788
VIERNES	4112.8	4135.2	22400	8656	816
LUNES	4111.0	4130.8	19800	8912	880
MARTES	4120.6	4142.2	21600	8272	828
MIÉRCOLES	4128.2	4148.7	20500	7964	840
JUEVES	4138.2	4151.8	13600	8024	840
VIERNES	4153.8	4171.3	17500	8880	872

Elaborado por: J. Rubio

La figura 18 se evidencia los diferentes valores en μg de PM 2.5 pesados en el filtro. Se tiene muy en cuenta la cantidad de flujo vehicular en el punto de monitoreo número 2, fuera de las instalaciones de la Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur, los mismos que fueron recopilados en los diez días de estudio. El resultado del análisis ubica al día

miércoles un primer lugar en cuanto aporte del 23% del peso total bruto de la medición. El día jueves se tiene un menor aporte del contaminante con un porcentaje que ronda el 16% del peso total neto de las mediciones.

Figura 18: % PM_{2,5} (Segundo punto de monitoreo).



Elaborado por: J. Rubio

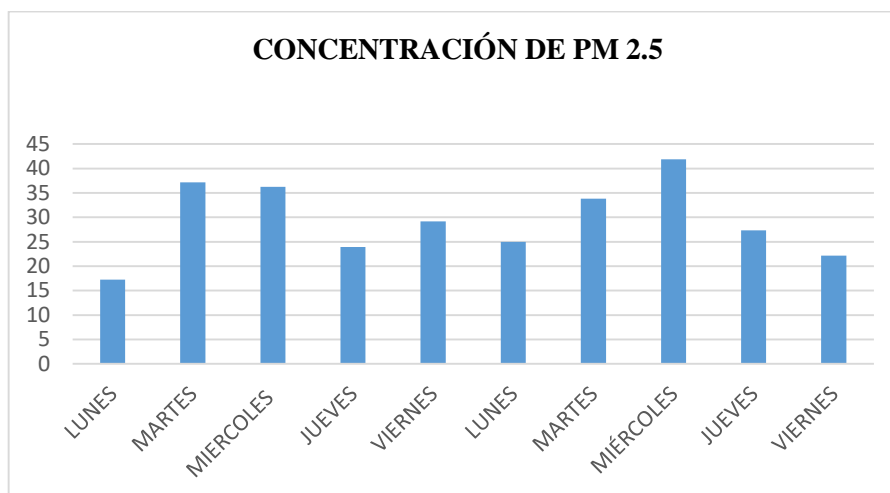
Tabla 12 % PM_{2,5} (Segundo punto de monitoreo).

CANTIDAD	DIA	DIFERENCIA DE PESOS	PORCENTAJE
		PM _{2,5}	PM 2.5
11	LUNES	30800	16.82
12	MARTES	40300	22.01
13	MIÉRCOLES	43300	23.65
14	JUEVES	28800	15.73
15	VIERNES	39900	21.79

Elaborado por: J. Rubio

La figura 19 muestra de manera detallada las concentraciones de PM_{2,5} obtenidas en los filtros, teniendo como resultado una variación fluctuante, debido a los factores meteorológicos del sector. El día con más concentración obtenida en el análisis es el día miércoles, dando un resultado de alrededor de 40 µg/m³ en comparación con la de menor concentración del día lunes que se obtuvo un resultado aproximado de 15 µg/ m³.

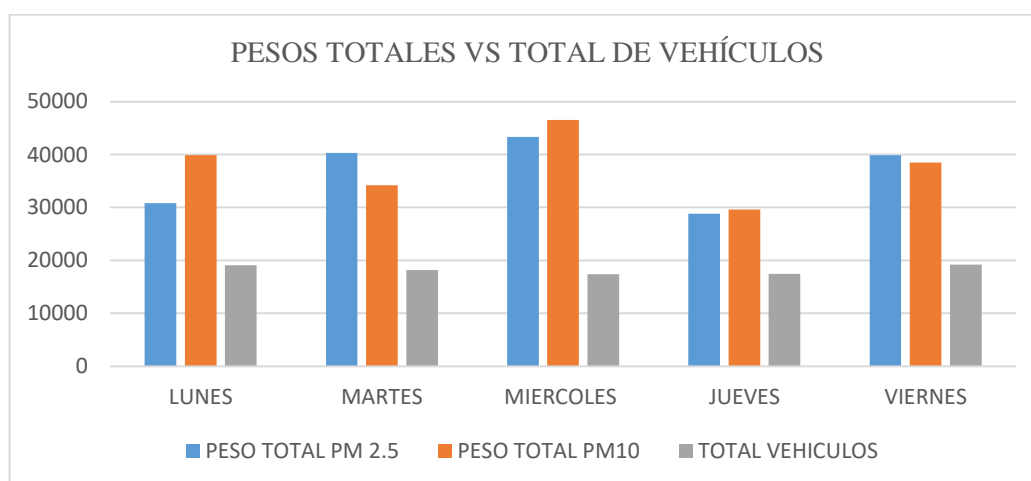
Figura 19: Concentración PM 2,5 (Segundo punto de monitoreo).



Elaborado por: J. Rubio

La figura 20 muestra la fluctuación de vehículos y el aporte de los mismos los contaminantes conocidos como PM10 y PM2,5, los mismos que reflejan un resultado oscilante de entre los días de medición y la cantidad de vehículos que aportaron estos contaminantes. La figura muestra que la mayor cantidad aportada fue el día miércoles en cuanto al contaminante conocido como PM10 y el contaminante PM2,5 la mayor cantidad se registra el día miércoles.

Figura 20: Pesos totales vs total de vehículos



Elaborado por: J. Rubio

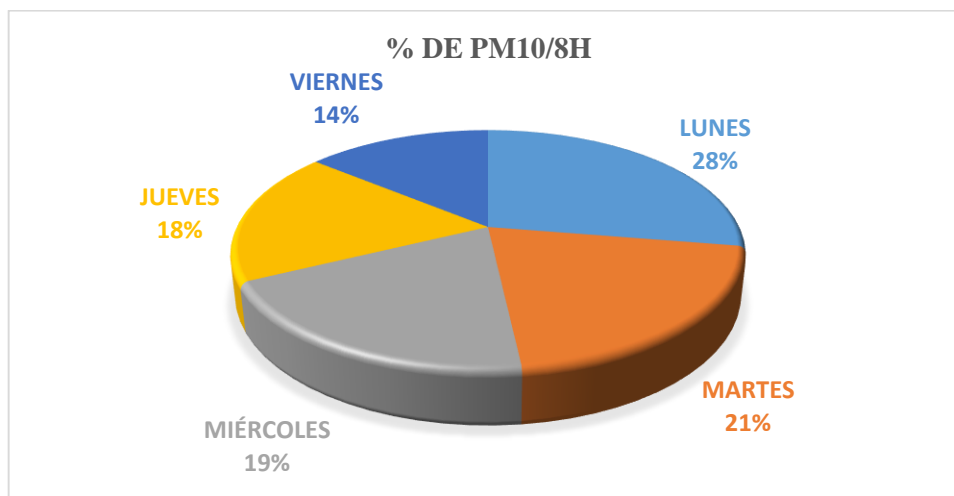
Tabla 13: Resultados del monitoreo PM 10 (Tercer punto de monitoreo).

DIA	FILTRO PM10 (mg)		DIFERENCIA DE PESOS	VEHICULOS LIVIANOS	VEHICULOS PESADOS
	PESO INICIAL	PESO FINAL	PM10	8 horas	8 horas
LUNES	4151.9	4170.2	18300	8416	1680
MARTES	4066.6	4081.7	15100	9968	1568
MIÉRCOLES	4094.3	4109.0	14700	8744	1480
JUEVES	4083.5	4095.2	11700	8848	1680
VIERNES	4051.6	4062.0	10400	9136	1664
LUNES	4078.3	4105.3	27000	9656	1584
MARTES	4071.1	4090.0	18900	9800	1880
MIÉRCOLES	4079.7	4097.1	17400	8400	1944
JUEVES	4063.9	4082.1	18200	8408	1624
VIERNES	4071.0	4083.7	12700	8312	1664

Elaborado por: J. Rubio

La figura 21 se evidencia los diferentes valores en μg de PM 10 pesados en el filtro. Se tiene muy en cuenta la cantidad de flujo vehicular en el punto de monitoreo número 3, fuera de las instalaciones de la Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur, los mismos que fueron recopilados en los diez días de estudio. El resultado del análisis ubica al día lunes un primer lugar en cuanto aporte del 28% del peso total bruto de la medición. El día viernes se tiene un menor aporte del contaminante con un porcentaje que ronda el 14% del peso total neto de las mediciones.

Figura 21: % PM10 en 8 horas (Tercer punto de monitoreo).



Elaborado por: J. Rubio

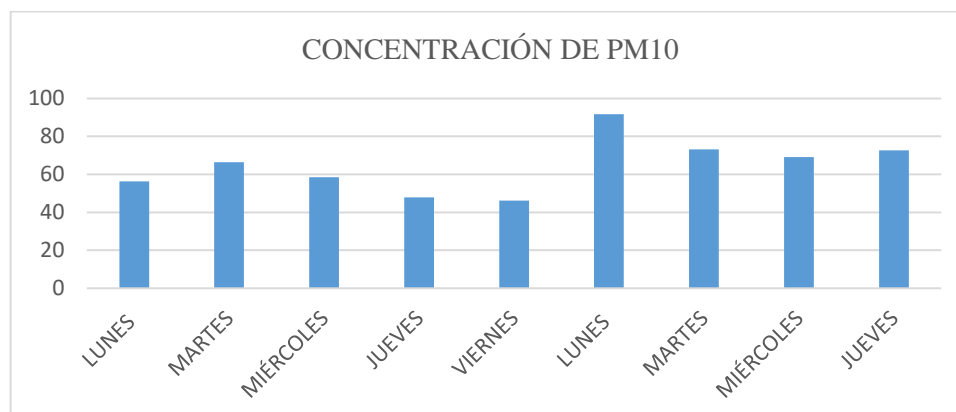
Tabla 14: % PM10 en 8 horas (Tercer punto de monitoreo).

CANTIDAD	DIA	DIFERENCIA DE PESOS	PORCENTAJE
		PM10	PM 10
21	LUNES	45300	27.55
22	MARTES	34000	20.68
23	MIÉRCOLES	32100	19.53
24	JUEVES	29900	18.19
25	VIERNES	23100	14.05

Elaborado por: J. Rubio

La figura 22 muestra de manera detallada las concentraciones de PM 10 obtenidas en los filtros, teniendo como resultado una variación fluctuante, debido a los factores meteorológicos del sector. El día con más concentración obtenida en el análisis es el día lunes, dando un resultado de alrededor de 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en comparación con la de menor concentración del día viernes que se obtuvo un resultado aproximado de 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 22: Concentración PM10 (Tercer punto de monitoreo).



Elaborado por: J. Rubio

Tabla 15: Resultados del monitoreo PM 2,5 (Tercer punto de monitoreo).

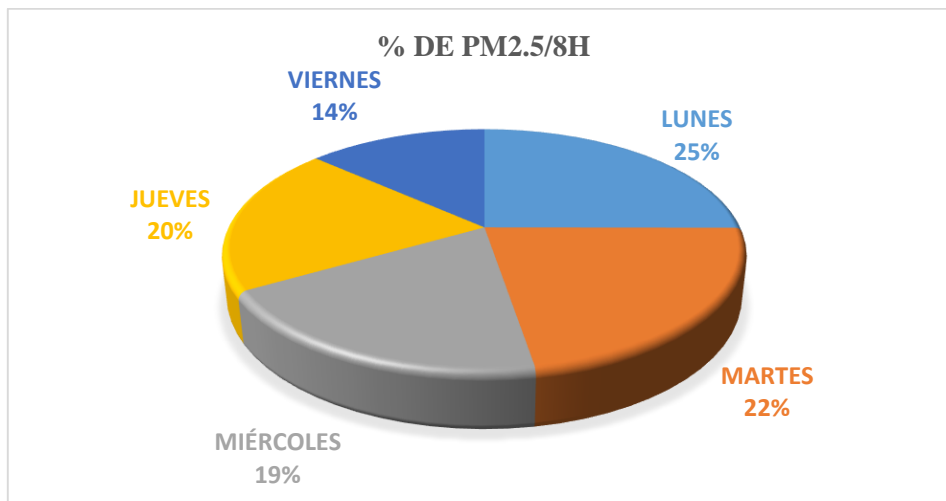
DIA	FILTRO PM 2,5 (mg)		DIFERENCIA DE PESOS	VEHICULOS LIVIANOS	VEHICULOS PESADOS
	PESO INICIAL	PESO FINAL	PM2,5	8 horas	8 horas
LUNES	4092.0	4109.8	17800	8416	1680
MARTES	4093.8	4108.8	15000	9968	1568
MIÉRCOLES	4096.4	4111.1	14700	8744	1480
JUEVES	4115.1	4125.4	10300	8848	1680
VIERNES	4091.7	4102.2	10500	9136	1664
LUNES	4110.1	4131.0	20900	9656	1584
MARTES	4108.6	4128.1	19500	9800	1880
MIÉRCOLES	4144.1	4159.2	15100	8400	1944
JUEVES	4144.5	4165.0	20500	8408	1624
VIERNES	4141.4	4151.6	10200	8312	1664

Elaborado por: J. Rubio

La figura 23 se evidencia los diferentes valores en μg de PM 2,5 pesados en el filtro. Se tiene muy en cuenta la cantidad de flujo vehicular en el punto de monitoreo número 3, fuera de las instalaciones de la Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur, los mismos que fueron recopilados en los diez días de estudio. El resultado del análisis ubica al día lunes un primer lugar en cuanto aporte del 25% del peso total bruto de la medición. El día

viernes se tiene un menor aporte del contaminante con un porcentaje que ronda el 14% del peso total neto de las mediciones.

Figura 23: % de PM_{2,5} en 8 horas (Tercer punto de monitoreo).



Elaborado por: J. Rubio

Tabla 16: % de PM_{2,5} en 8 horas (Tercer punto de monitoreo).

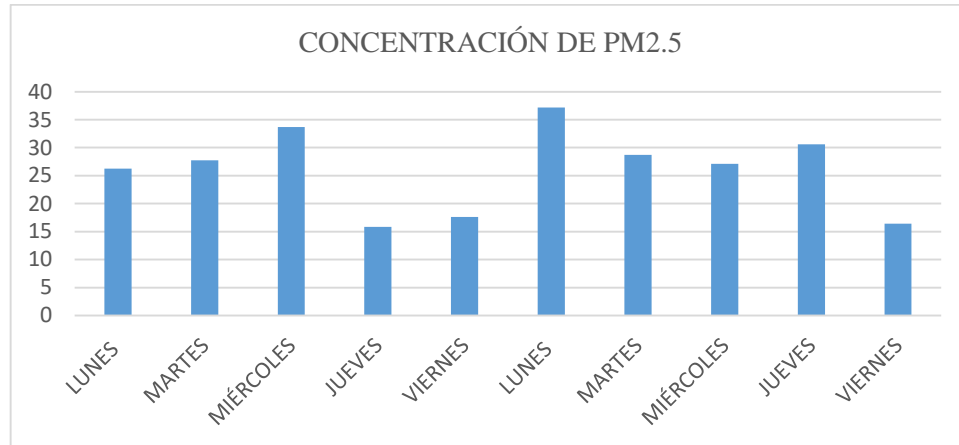
CANTIDAD	DIA	DIFERENCIA DE PESOS	PORCENTAJE
		PM _{2,5}	PM 2.5
21	LUNES	38700	25.04854369
22	MARTES	34500	22.33009709
23	MIÉRCOLES	29800	19.28802589
24	JUEVES	30800	19.93527508
25	VIERNES	20700	13.39805825

Elaborado por: J. Rubio

La figura 24 muestra de manera detallada las concentraciones de PM 2.5 obtenidas en los filtros, teniendo como resultado una variación fluctuante, debido a los factores meteorológicos del sector. El día con más concentración obtenida en el análisis es el día

lunes, dando un resultado de alrededor de $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en comparación con la de menor concentración del día jueves que se obtuvo un resultado aproximado de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

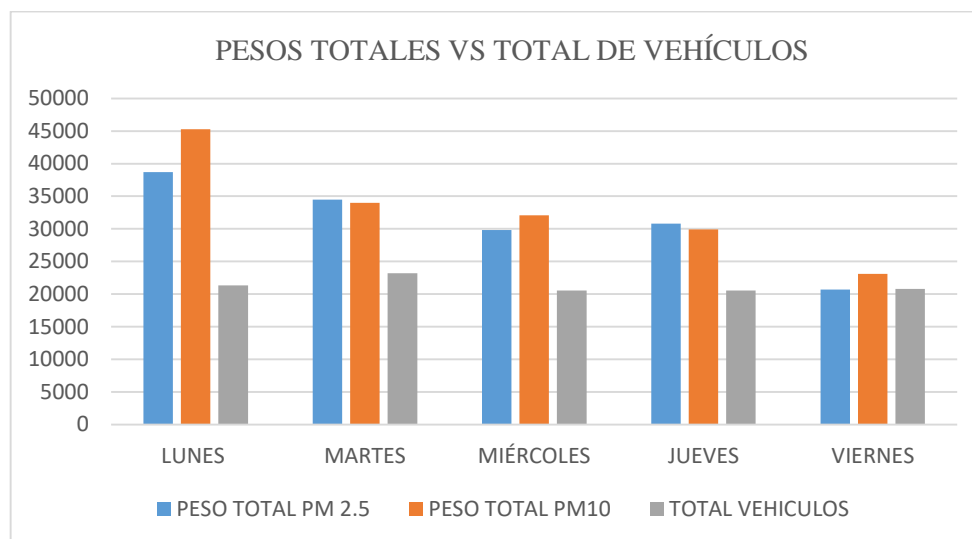
Figura 24: Concentración de PM_{2,5} (Tercer punto de monitoreo).



Elaborado por: J. Rubio

La figura 25 muestra la fluctuación de vehículos y el aporte de los mismos los contaminantes conocidos como PM₁₀ y PM_{2,5}, los mismos que reflejan un resultado oscilante de entre los días de medición y la cantidad de vehículos que aportaron estos contaminantes. La figura muestra que la mayor cantidad aportada fue el día lunes en cuanto al contaminante conocido como PM₁₀ y el contaminante PM_{2,5} la mayor cantidad se registra el día lunes.

Figura 25: Pesos totales vs vehículos (Tercer punto de monitoreo).



Elaborado por: J. Rubio

Tabla 17: Resultados del monitoreo PM10 (Cuarto punto de monitoreo).

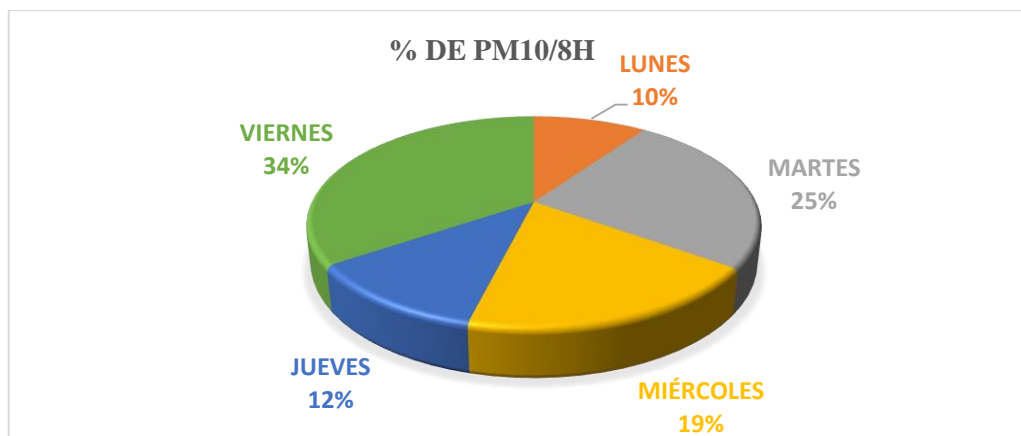
Día	Filtro pm10 (mg)		Diferencia de pesos Pm10	Concentración de material particulado pm10 (µg/ m³)
	Peso inicial	Peso final		
Lunes	4099,3	4101,3	2000	8,40
Martes	4114,5	4119,5	5000	21,26
Miércoles	4097,5	4101,9	4400	17,80
Jueves	4084,9	4087,5	2600	8,58
Viernes	4086,2	4094,4	8200	13,87
Lunes	4100,8	4102,9	2100	8,75
Martes	4126,2	4131,8	5600	23,84
Miércoles	4109,3	4112,9	3600	14,38
Jueves	4103,2	4105,5	2300	7,50
Viernes	4149,3	4155,6	6300	10,44

Elaborado por: J. Rubio

La figura 26 se evidencia los diferentes valores en µg de PM10 pesados en el filtro. Se tiene muy en cuenta la cantidad de flujo vehicular en el punto 4 de muestreo dentro de las instalaciones de la Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur, los mismos que fueron recopilados en los diez días de estudio. El resultado del análisis ubica al día viernes un primer lugar en cuanto aporte del 34% del peso total bruto de la medición. El

día lunes se tiene un menor aporte del contaminante con un porcentaje que ronda el 10% del peso total bruto de las mediciones.

Figura 26: % PM 10 en 8 horas (Cuarto punto de monitoreo).



Elaborado por: J. Rubio

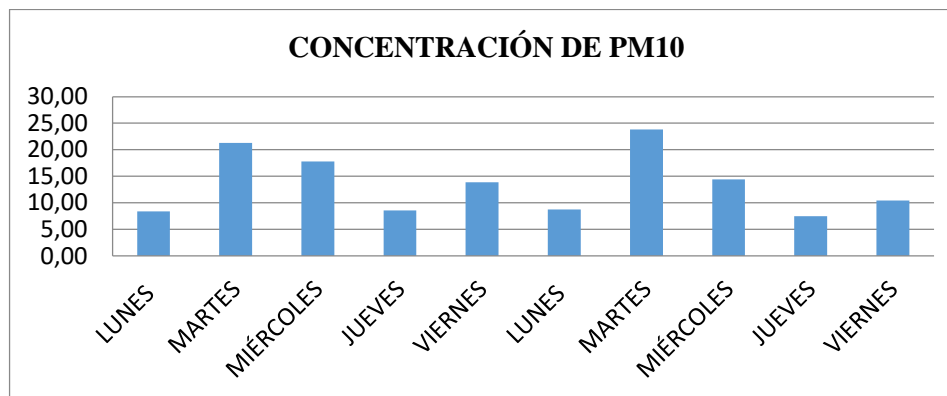
Tabla 18: % PM 10 en 8 horas (Cuarto punto de monitoreo).

CANTIDAD	DIA	DIFERENCIA DE PESOS	PORCENTAJE
		PM10	PM 10
31	LUNES	4100	9.74
32	MARTES	10600	25.18
33	MIÉRCOLES	8000	19.00
34	JUEVES	4900	11.64
35	VIERNES	14500	34.44

Elaborado por: J. Rubio

La figura 27 muestra de manera detallada las concentraciones de PM10 obtenidas en los filtros, teniendo como resultado una variación fluctuante, debido a los factores meteorológicos del sector. El día con más concentración obtenida en el análisis es el día martes, dando un resultado de alrededor de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en comparación con la de menor concentración del día jueves que se obtuvo un resultado aproximado de 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 27: concentración PM10 (Cuarto punto de monitoreo).



Elaborado por: J. Rubio

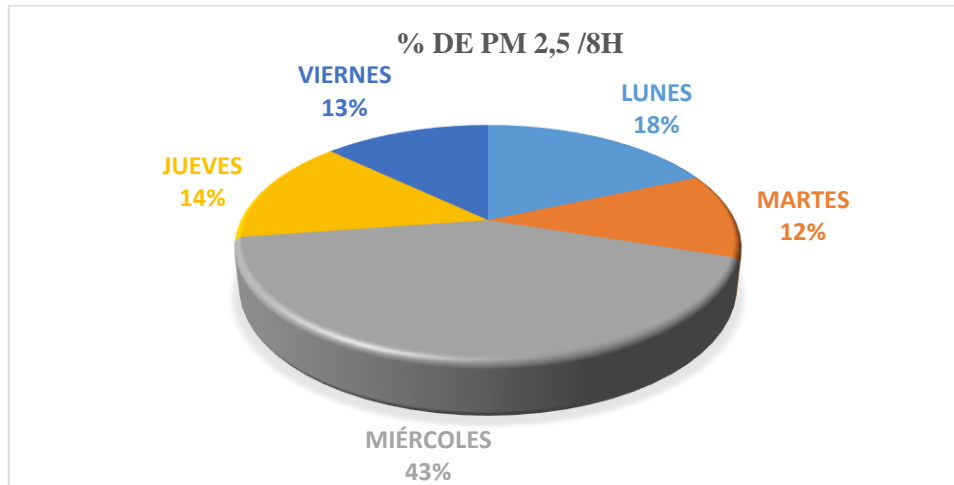
Tabla 19: Resultados del monitoreo PM2,5 (Cuarto punto de monitoreo).

Dia	Filtro pm 2,5 (mg)		Diferencia de pesos Pm2,5	Concentración de material particulado pm2,5(µg/ m³)
	Peso inicial	Peso final		
Lunes	4135,6	4137,9	2300	4,72
Martes	4116,5	4117,9	1400	2,86
Miércoles	4121,6	4126,9	5300	10,04
Jueves	4115,7	4117,3	1600	2,93
Viernes	4135,6	4137,2	1600	2,94
Lunes	4148,3	4150,7	2400	4,92
Martes	4119,2	4120,8	1600	3,30
Miércoles	4099,6	4105,2	5600	10,52
Jueves	4141,6	4143,7	2100	3,88
Viernes	4126,5	4128,2	1700	3,23

Elaborado por: J. Rubio

La figura 28 se evidencia los diferentes valores en ug de PM2,5 pesados en el filtro. Se tiene muy en cuenta la cantidad de flujo vehicular dentro de las instalaciones de la Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur, los mismos que fueron recopilados en los diez días de estudio. El resultado del análisis ubica al día viernes un primer lugar en cuanto aporte del 34% del peso total bruto de la medición. El día martes se tiene un menor aporte del contaminante con un porcentaje que ronda el 12% del peso total bruto de las mediciones

Figura 28: % PM 2,5 en 8 horas (Cuarto punto de monitoreo).



Elaborado por: J. Rubio

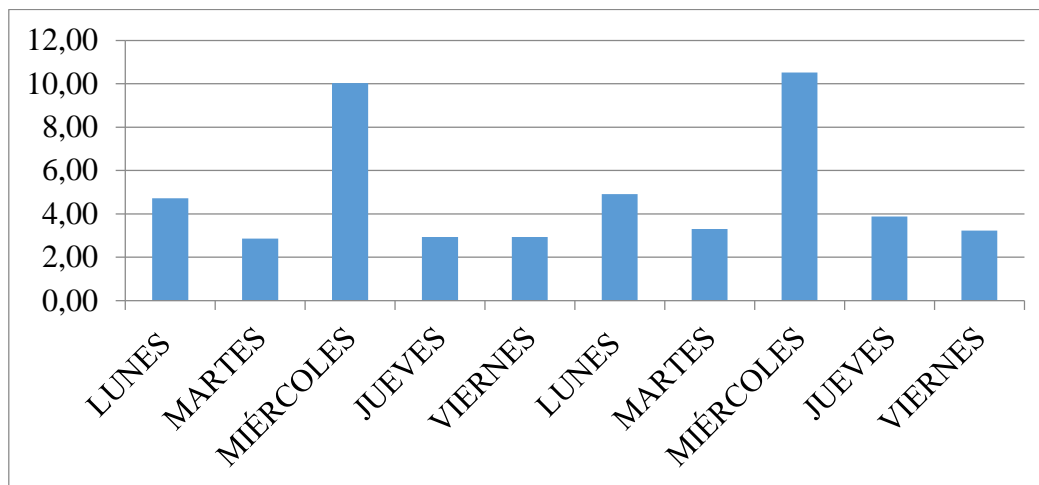
Tabla 20: % PM 2,5 en 8 horas (Cuarto punto de monitoreo).

CANTIDAD	DIA	DIFERENCIA DE PESOS	PORCENTAJE
		PM2,5	PM 2.5
31	LUNES	4700	18.36
32	MARTES	3000	11.72
33	MIÉRCOLES	10900	42.58
34	JUEVES	3700	14.45
35	VIERNES	3300	12.89

Elaborado por: J. Rubio

La figura 29 muestra de manera detallada las concentraciones de PM_{2,5} obtenidas en los filtros, teniendo como resultado una variación fluctuante, debido a los factores meteorológicos del sector. El día con más concentración obtenida en el análisis es el día miércoles, dando un resultado de alrededor de 12 µg/ m³. En comparación con la de menor concentración del día martes que se obtuvo un resultado aproximado de 3 µg/ m³.

Figura 29: Concentración PM 2.5 (Cuarto punto de monitoreo).



Elaborado por: J. Rubio

Tabla 21: Resultados del monitoreo PM10 (Quinto punto de muestreo)

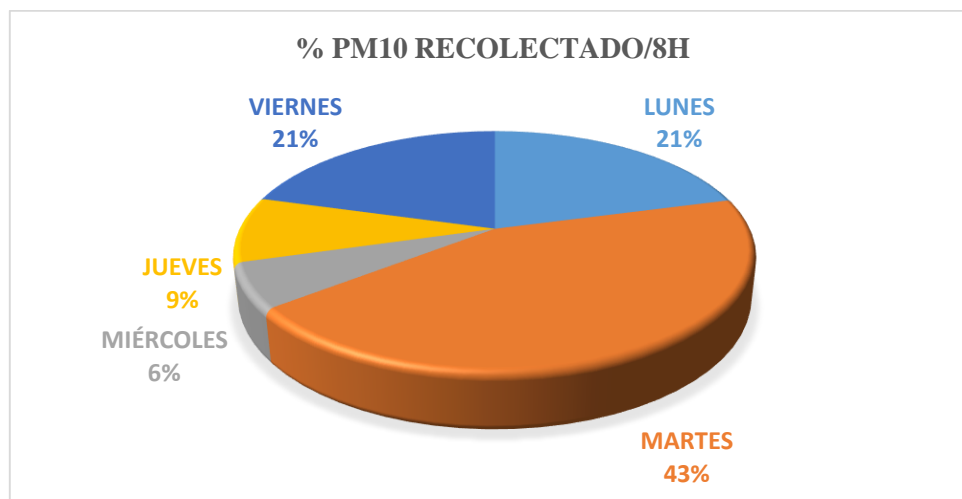
Dia	Filtro pm10 (mg)		Diferencia de pesos Pm10	Concentración de material particulado pm10 (µg/ m³)
	Peso inicial	Peso final		
Lunes	4011,7	4026,7	15000	70,10
Martes	4092,6	4125,1	32500	145,73
Miércoles	4078,9	4083,4	4500	22,94
Jueves	4057,6	4064,5	6900	28,07
Viernes	4099,6	4115,1	15500	76,05
Lunes	4013,8	4029,1	15300	72,20
Martes	4100,3	4131,2	30900	136,97
Miércoles	4089,9	4094,2	4300	21,36
Jueves	4079,8	4085,7	5900	24,60
Viernes	4105,3	4119,8	14500	70,59

Elaborado por: J. Rubio

La figura 30 evidencia los diferentes valores en µg de PM10 pesados en el filtro. Se tiene muy en cuenta la cantidad de flujo vehicular dentro de las instalaciones de la Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur, los mismos que fueron recopilados en los diez días de estudio. El resultado del análisis ubica al día viernes un primer lugar en cuanto aporte del

43% del peso total bruto de la medición. El día miércoles se tiene un menor aporte del contaminante con un porcentaje que ronda el 6% del peso total bruto de las mediciones.

Figura 30: % PM 10 en 8 horas (Quinto punto de muestreo).



Elaborado por: J. Rubio

Tabla 22% PM 10 en 8 horas (Quinto punto de muestreo)

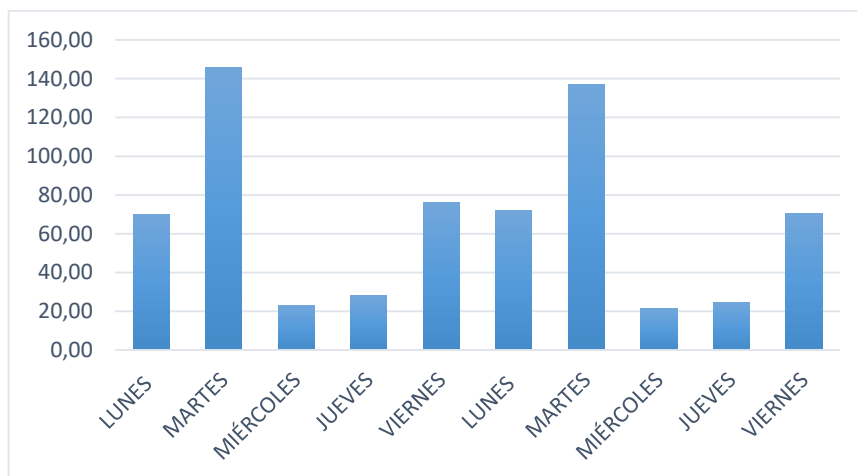
CANTIDAD	DIA	DIFERENCIA DE PESOS	PORCENTAJE
		PM10	PM 10
41	LUNES	8025.5	19.70
42	MARTES	8192.9	20.12
43	MIÉRCOLES	8168.8	20.06
44	JUEVES	8137.4	19.98
45	VIERNES	8204.9	20.14

Elaborado por: J. Rubio

La figura 31 muestra de manera detallada las concentraciones de PM10 obtenidas en los filtros, teniendo como resultado una variación atípica, debido a la localización del punto de muestreo. El día con más concentración obtenida en el análisis es el día martes, dando

un resultado de alrededor de 140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en comparación con la de menor concentración del día miércoles que se obtuvo un resultado aproximado de 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 31: concentración de PM10 (Quinto punto de muestreo)



Elaborado por: J. Rubio

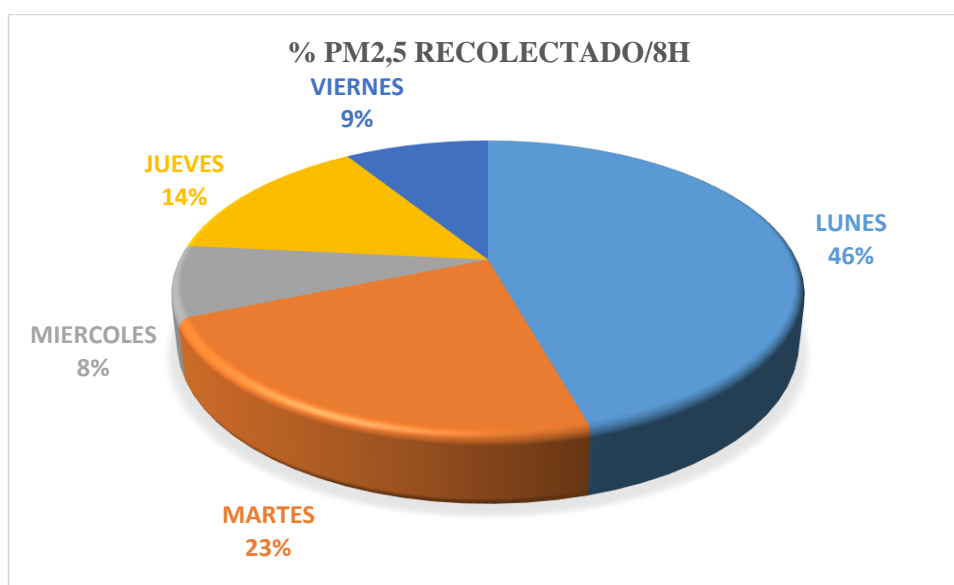
Tabla 23: Datos recopilados (Quinto punto de muestreo)

Dia	Filtro pm 2,5 (mg)		Diferencia de pesos Pm2,5	Concentración de material particulado pm2,5($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	Peso inicial	Peso final		
Lunes	4118,2	4131,2	13000	22,98
Martes	4122,3	4129,7	7400	12,26
Miércoles	4100,1	4102,3	2200	4,09
Jueves	4152,3	4157,2	4900	7,31
Viernes	4135,1	4137,6	2500	3,79
Lunes	4109,8	4122,9	13100	23,30
Martes	4099,3	4105,1	5800	9,58
Miércoles	4149,3	4151,6	2300	4,24
Jueves	4168,9	4172,3	3400	5,11
Viernes	4156,7	4159,3	2600	3,94

Elaborado por: J. Rubio

La figura 32 se evidencia los diferentes valores en μg de $\text{PM}_{2,5}$ pesados en el filtro. Se tiene muy en cuenta la cantidad de flujo vehicular dentro de las instalaciones de la Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur, los mismos que fueron recopilados en los diez días de estudio. El resultado del análisis ubica al día viernes un primer lugar en cuanto aporte del 46% del peso total bruto de la medición. El día lunes se tiene un menor aporte del contaminante con un porcentaje que ronda el 2% del peso total bruto de las mediciones

Figura 32: % $\text{PM}_{2,5}$ (Quinto punto de muestreo).



Elaborado por: J. Rubio

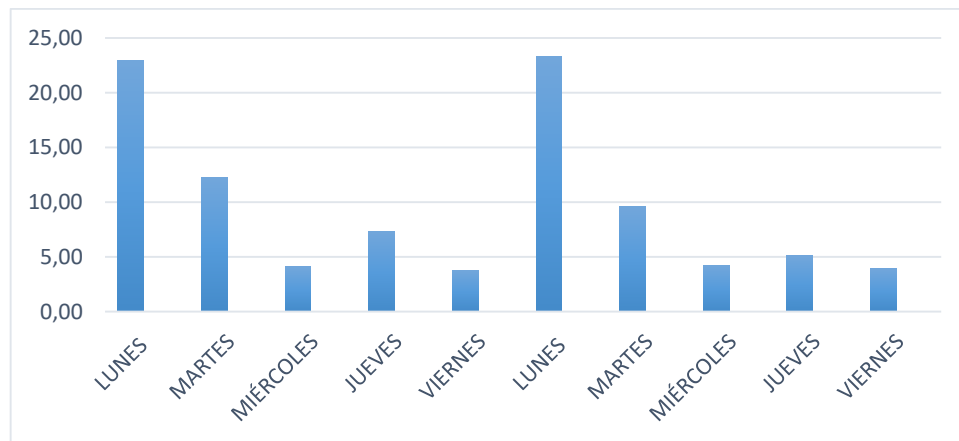
Tabla 24: % $\text{PM}_{2,5}$ (Quinto punto de muestreo).

CANTIDAD	DIA	DIFERENCIA DE PESOS	PORCENTAJE
		$\text{PM}_{2,5}$	$\text{PM}_{2,5}$
41	LUNES	26100	45.63
42	MARTES	13200	23.08
43	MIÉRCOLES	4500	7.87
44	JUEVES	8300	14.51
45	VIERNES	5100	8.92

Elaborado por: J. Rubio

La figura 33 muestra de manera detallada las concentraciones de PM10 obtenidas en los filtros, teniendo como resultado una variación atípica, debido a la localización del punto de muestreo. El día con más concentración obtenida en el análisis es el día lunes, dando un resultado de alrededor de $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en comparación con la de menor concentración del día miércoles que se obtuvo un resultado aproximado de $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 33: Concentración (Quinto punto de muestreo).

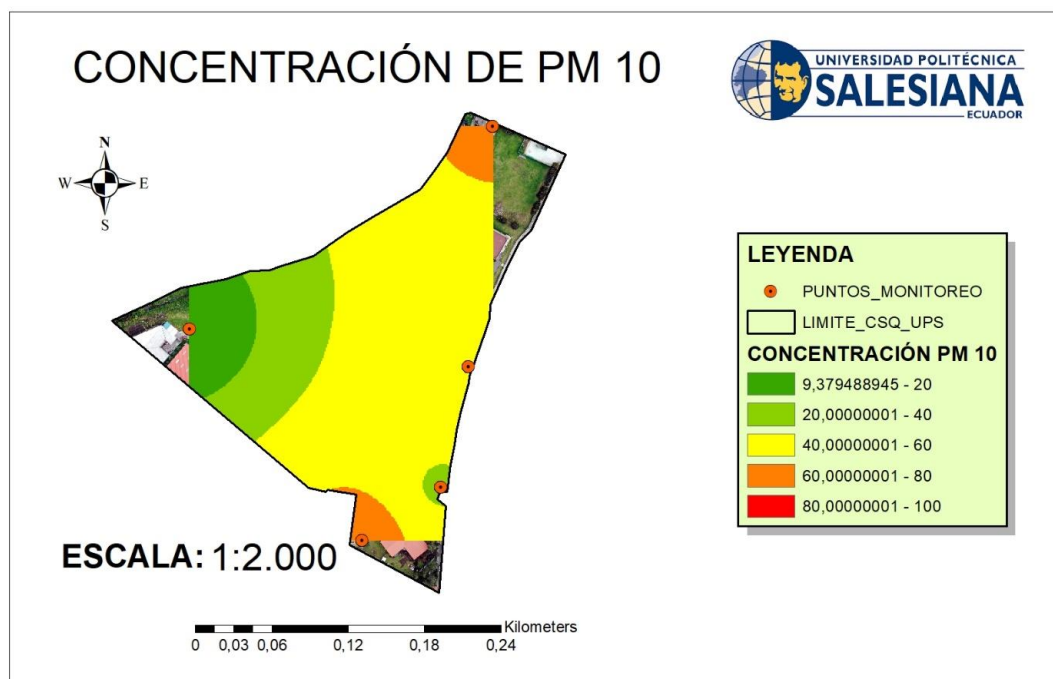


Elaborado por: J. Rubio

La figura 34 muestra la concentración de material particulado PM10 en los 50 días que se realizó el monitoreo, en donde se muestra de manera generalizada la afectación de la calidad del aire específicamente en los puntos 3 y 5, donde se puede ver que afectan directamente a los bloques; G, E, F, H, I.

Hay que tomar en cuenta que en el quinto punto de monitoreo a pesar de que no tiene una circulación vehicular presenta concentraciones de material particulado PM10 representativos y esto se debe a que en el bloque I funciona el laboratorio de mecánica donde utilizan materiales que influyeron en la concentración normal del punto.

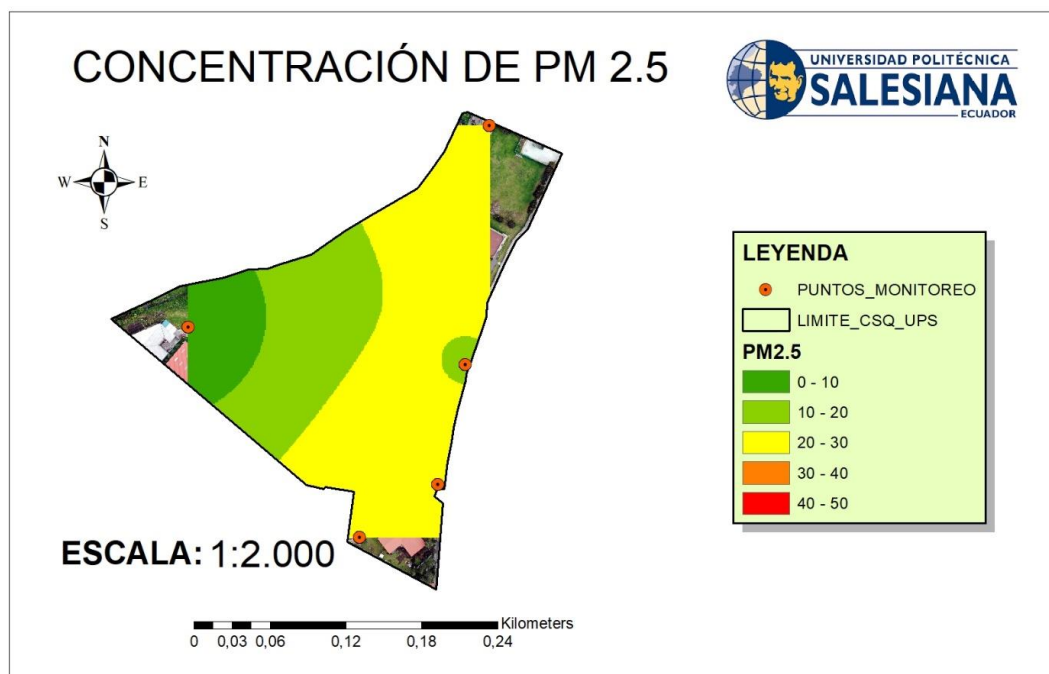
Figura 34: Concentración de PM 10



Elaborado por: J. Rubio

La figura 35 muestra la concentración de material particulado PM 2.5 que se monitoreo los 50 días de monitoreo. Como se puede visualizar la concentración de material particulado PM2.5 no es muy representativa.

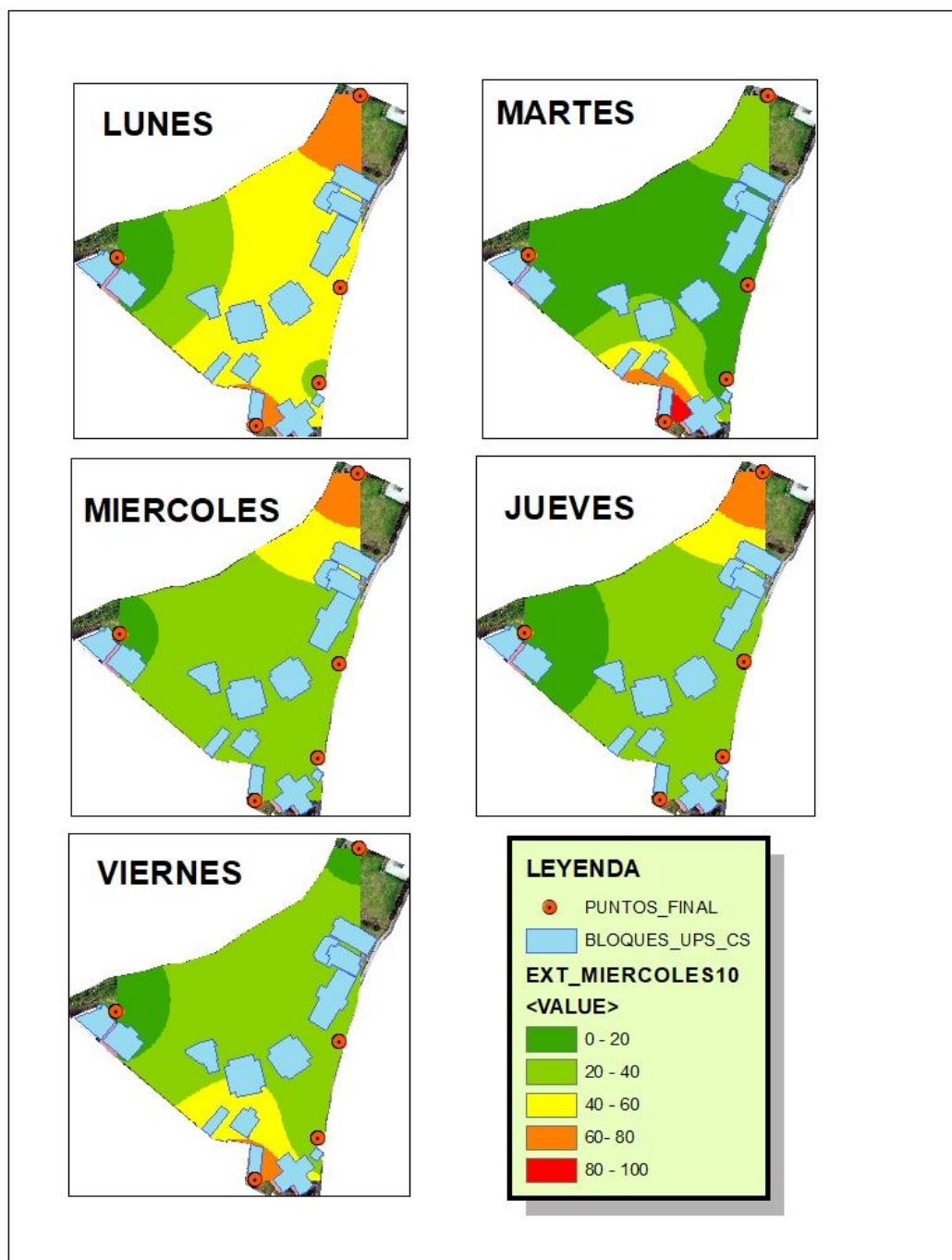
Figura 35: Concentración de PM 2.5



Elaborado por: J. Rubio

La figura 36 muestra la concentración de material particulado PM₁₀ diferenciando de acuerdo con los días de la semana de los 50 puntos de monitoreo. Obteniendo que el día martes muestra un incremento representativo debido a que ese día realizan los moldes para fundir el metal en el laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana “Campus Sur”, para la elaboración de dichos moldes utilizan un polvo que se volatiliza y altera la medición del material particulado PM₁₀.

Figura 36: Concentración de PM 10 diferenciado por días de la semana.

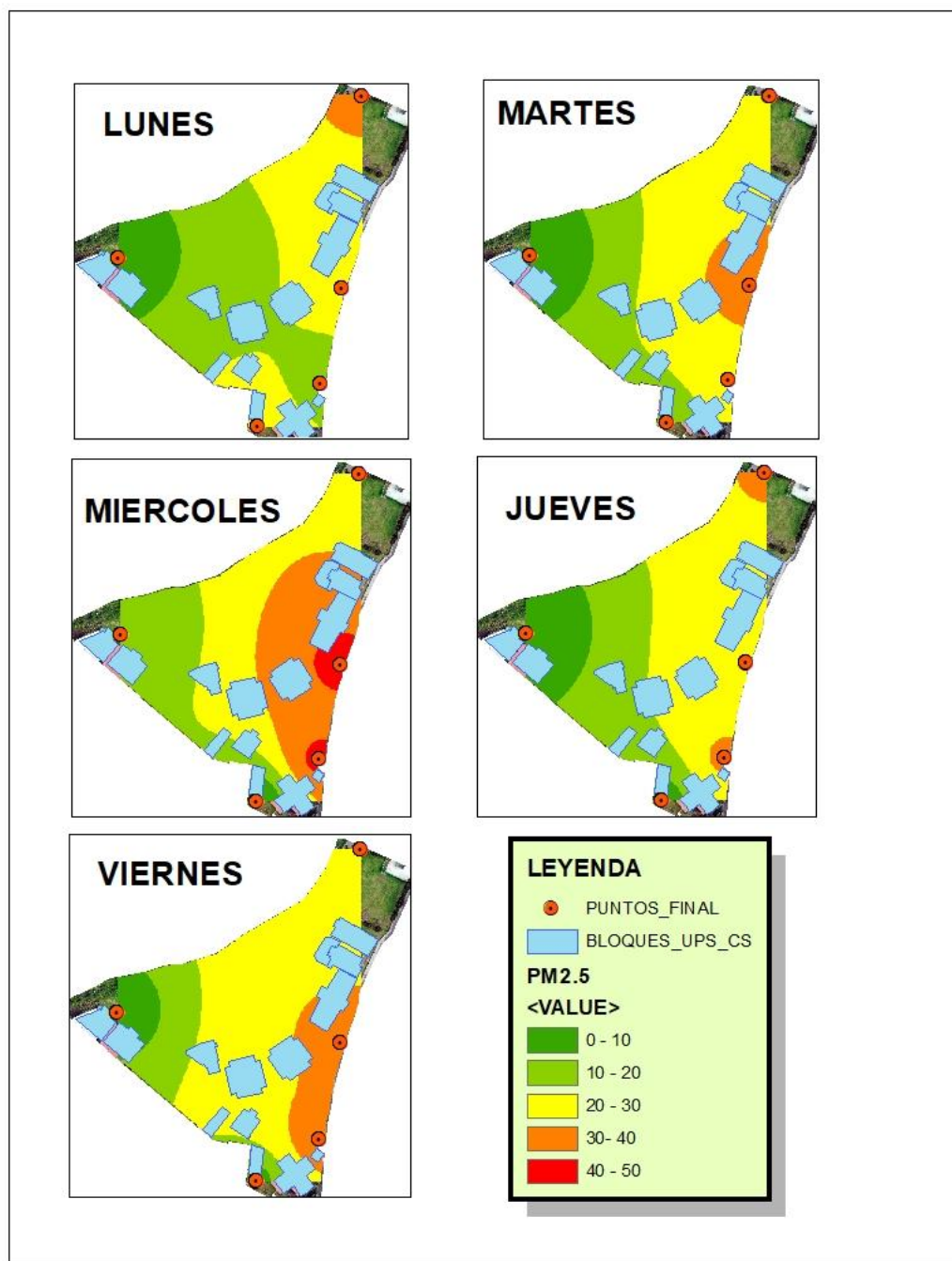


Elaborado por: J. Rubio

La figura 37 muestra la concentración de material particulado PM_{2.5} diferenciando de acuerdo con los días de la semana de los 50 puntos de monitoreo. Según la interpolación realizada en ArcMap 10.5 nos permite ver que el día miércoles es el día de mayor concentración acercándose mucho a los límites permisibles, pero aun así no los supera. Los puntos de monitoreo más expuestos el día miércoles son el punto número 1 y 2 los mismos que están presentando una concentración elevada de material particulado 2.5 debido a la circulación vehicular que existe en los alrededores de los puntos de estudio antes mencionados.

La influencia del parque automotor en lo que tiene que ver con el material particulado 2.5 es directamente proporcional como lo podemos ver en la imagen de las concentraciones.

Figura 37: Concentración de PM 2.5 diferenciado por los días de la semana.



Elaborado por: J. Rubio

5.2. Discusión

El material particulado es uno de los principales contaminantes que en la actualidad provocan muchas afecciones a la población en general por lo tanto hay un deterioro de la salud por parte de los individuos que habitan cerca, especialmente en zonas urbanas donde el parque automotor es uno de los principales causantes de dichas afecciones ya que cuando sobrepasa la norma regulada por las distintas entidades de control representa un riesgo para la actividad humana. (Pedroza, 2010), realizo un estudio donde analizo la exposición de material particulado PM 10 y PM 2.5 y sus síntomas respiratorios en una población escolar en el municipio de Ecatepec estado de México donde manifestó:

Los resultados sugieren que la exposición a distintos niveles de PM2.5 y PM10 en tres zonas de estudio tiene influencia con síntomas respiratorios en los niños de dicha institución, cabe recalcar que al ser un estudio en una zona educativa que se analiza el PM10 y PM2.5 la comparación que se procede a realizar con el caso antes mencionado y con el proyecto que se está desarrollando es similar ya que los resultados del monitoreo de material particulado tienen una incidencia directa con el tránsito vehicular. El estudio mostró que los valores promedios de PM 10 y PM 2,5 fueron de $112.67 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $26.09 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente en la Zona de Xalostoc, teniendo en consideración que los máximos permisibles en la legislación mexicana son de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM10 y de $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM2.5 indicando que cumple con la normativa ambiental.

Para Ecuador tenemos que la legislación ambiental considera los límites permisibles para PM2,5 será de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y para el PM10 es de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

En el presente proyecto existen dos valores atípicos encontrados en los resultados obtenidos, estos sobrepasan los límites máximos permisibles con respecto al quinto punto de monitoreo ya que se observa que los días martes de las dos semanas realizadas en dicho monitoreo son los valores más elevados y corresponden a $145,73 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $136,97 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM10. Estos datos atípicos se producen debido a que el quinto punto de monitoreo está cerca del laboratorio de mecánica donde se realiza la fundición de algunos metales este material para los moldes de fundición es volátil y justifica esos valores elevados.

Este análisis nos permite comparar con los datos obtenidos en la presente investigación dando una clara muestra que la situación mexicana y ecuatoriana son realidades algo parecidas, en general en Latinoamérica.

Relacionado con lo anterior, es importante señalar que estudios indican que los contaminantes atmosféricos pueden ser removidos eficientemente por degradaciones húmedas y secas o absorción por superficies. El primer proceso está relacionado con nubes y lluvias e implica una interacción de las gotas de agua con las sustancias contaminantes presentes en la atmósfera, en las gotas de agua ocurren transformaciones químicas que conducen a la captura irreversible de sustancia contaminantes presentes en el aire (Páez, 2001).

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- El plan de monitoreo realizado nos permitió distribuir de una manera correcta el tiempo de uso de los equipos, así como también los recursos logísticos para realizar el mismo. La diferenciación de las zonas más vulnerables a la contaminación nos permitió garantizar la buena ubicación de los puntos de monitoreo.
- Mediante el método gravimétrico de estudio de material particulado obtenido en los puntos dentro y fuera de las instalaciones de la Universidad Politécnica Salesiana se concluye que los niveles de contaminación en los puntos fuera y dentro de las instalaciones de la Universidad Politécnica Salesiana campus sur cumplen con los límites máximos permisibles en PM10 que es de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y de PM2,5 de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Se demuestra que el punto 5 de medición dentro de la Universidad Politécnica Salesiana en cuanto a material particulado PM10 supera a la norma de ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ya que el punto de muestreo se encuentra cerca de las instalaciones de laboratorio de Mecánica, en el mismo se genera gran cantidad de PM10 por la actividad que ahí se genera provocando una anomalía en los datos obtenidos en la medición del día martes.
- Se concluye que los lugares de mayor concentración de contaminante son los lugares expuestos al tránsito vehicular y más si el mismo se ve aumentado con vehículos de gran tamaño denominados pesados.
- Los resultados obtenidos en el punto 3 demuestran que hay un aumento de la concentración del contaminante PM10 ya que en el mismo se desarrolla la obra civil denominada “Metro de Quito”, el mismo no supera los límites máximos permisibles, sin embargo, las personas deben tener un cuidado si la exposición es por un tiempo prolongado.

- La cantidad de $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en PM10 y PM2,5 recolectado en los filtros no es constante debido a las condiciones atmosféricas del sector y a la variabilidad de vehículos que pasan por las vías aledañas a la Universidad Politécnica Salesiana
- El material particulado recogido por el instrumento no es directamente proporcional a la concentración de contaminante por metro cubico del mismo, debido a la fluctuación de flujo de aire que el equipo capta para su análisis.

6.2. Recomendaciones

- Para el conteo de los vehículos comprendidos en el presente documento se los hizo manualmente generando un error involuntario por parte del ejecutor, por ello se recomienda el uso de un equipo de mayor presión denominado sensor de conteo.
- Para obtener resultados más apegados a la realidad es necesario hacer un monitoreo prolongado de 24 horas, se recomienda para futuras investigaciones dar la facilidad para que los equipos permanezcan el tiempo necesario en cada uno de los puntos de monitoreo.
- Las afectaciones en los alrededores de la Universidad Politécnica Salesiana en cuanto a los vehículos de la comunidad Salesiana deben estar en adecuadas condiciones en los motores para evitar la emisión masiva de PM10 y de PM2,5 que podrían afectar directamente a la comunidad.
- Se recomienda realizar mediciones constantes de PM10 y de PM2,5, en los sectores aledaños de la Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur, para así verificar que los niveles de los mismos estén dentro de los parámetros establecidos sin generar afectación a los moradores

7. BIBLIOGRAFÍA

- Alvis, E. (2012). *IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR EL MATERIAL PARTICULADO, SOBRE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA ZONA DE INFLUENCIA DE LOS PROYECTOS CARBONÍFERO DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR* (tesis de maestría). Pontificia Universidad Javeriana, Cartajena de Indias D.T.C.H., Colombia. Recuperado de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/19468/AlvisCamachoEliandDavid2012.pdf?sequence=1>
- Arciniégas, C. (2012). DIAGNÓSTICO Y CONTROL DE MATERIAL PARTICULADO: PARTÍCULAS SUSPENDIDAS TOTALES Y FRACCIÓN RESPIRABLE PM10. *Luna Azul ISSN*, 195-213. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n34/n34a12.pdf>
- Arrieta, A. (2016). DISPERSIÓN DE MATERIAL PARTICULADO (PM10), CON INTERRELACIÓN DE FACTORES METEOROLÓGICOS Y TOPOGRÁFICOS. *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo*, 16(2), 43-54. Recuperado de https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria_sogamoso/article/view/5445/4515
- Secretaría de Ambiente. (2014). *Informe Final Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio, DMQ 2011*. Recuperado de http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/phocadownload/cambio_climatico/infor_final_ie_criterio_dmq2011_1.pdf
- Cabrera, J. (2012). *APLICACIÓN DE UN MODELO DE DISPERSIÓN ATMOSFÉRICA* (tesis de Pregrado). Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile.
- Canales, M. Á., Quintero, M., Castro, T. G., y García, R. O. (2014). Las Partículas Respirables PM10 y su Composición Química en la Zona Urbana y Rural de Mexicali, Baja California en México. *Informacion Tecnológica*, 25(6), 13-22. doi: 10.4067/S0718-07642014000600003
- Centro Lasallista de Investigación y Modelación Ambiental. (2017). *DESCRIPCIÓN MANEJO DE HIVOL Y LOWVOL*. Recuperado de http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/22401/41122127_2017_P5.pdf?sequence=5&isAllowed=y

- Díaz, A. (2010). *PROTOCOLO DE MONITOREO DE AIRE*. Recuperado de https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/research/protocols/Protocolo_Aire.pdf
- Díaz, V., y Páez, C. (2006). Contaminación por material particulado en Quito y caracterización química de las muestras. *Acta Nova*, 3(2), 308-322. Recuperado de http://www.academia.edu/10342786/Contaminaci%C3%B3n_por_material_particulado_en_Quito_y_caracterizaci%C3%B3n_qu%C3%ADmica_de_las_muestras
- Gaviria, C., Benavides, P., y Tangarife, C. (2011). Contaminación por material particulado (PM_{2,5} y PM₁₀) y consultas por enfermedades respiratorias en Medellín (2008-2009). *Rev. Fac. Nac. Salud Pública*, 29(3), 241-250. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnsp/v29n3/v29n3a04.pdf>
- Instituto Nacional de Ecología. (s. f.). *MANUAL 1 PRINCIPIOS DE MEDICIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE*. Recuperado de <http://sinaica.inecc.gob.mx/archivo/guias/1-%20Principios%20de%20Medici%C3%B3n%20de%20la%20Calidad%20del%20Aire.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2015). *REFORMA TEXTO UNIFICADO LEGISLACION SECUNDARIA, MEDIO AMBIENTE, LIBRO VI, Decreto Ejecutivo 3516, Registro Oficial Suplemento 2*. Recuperado de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-097.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2014). *Sistema de Contabilidad Ambiental Nacional Exploración Inicial 2008-2012 Cuenta de Emisiones al Aire*. Recuperado de: <http://suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/242984/6.+Cuenta+de+Emisiones+al+Aire.pdf/9ffc6202-2c7d-4bef-b3be-8133da96dd78;jsessionid=RZBfIKdnP5F0Sq5dm7t9yOS3?version=1.0>
- Ministerio de Ambiente de Perú. (2010). *Aire limpio para todos*. Recuperado de <http://siar.regionjunin.gob.pe/sites/default/files/archivos/public/docs/430.pdf>
- Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. (2008). *PROTOCOLO PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO DE LA CALIDAD DEL AIRE*. Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/documents/51310/527391/Protocolo+para+el+Monitoreo+y+seguimiento+de+la+calidad+del+aire.pdf/6b2f53c8-6a8d-4f3d-b210->

011a45f3ee88

- Meza, L., Quintero, M., García, R., y Ramírez, J. (2010). Estimación de Factores de Emisión de PM10 y PM2.5, en Vías Urbanas en Mexicali, Baja California, México. *Informacion Tecnologica*, 21(4), 45-56. doi: 10.1612/inf.tecnol.4308it.09
- Secretaria de Ambiente. (2018). *Norma Ecuatoriana de la Calidad del Aire*. Recuperado de: <http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/norma-ecuatoriana-de-la-calidad-del-aire>
- Páez, C. (2012). GESTIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA URBANA: EL CASO DE QUITO, 1-17. Recuperado de <http://www.flacsoandes.edu.ec/web/imagesFTP/10088.ContaminacionQuito.pdf>
- Quijano, A., Quijano, M., y Henao, J. (2010). Caracterización fisicoquímica del material particulado-fracción respirable PM2.5 en Pamplona-Norte de Santander-Colombia. *Revista Bistua*, 8(1), 53-66. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/903/90315226007.pdf>
- Represa, S. (2011). MODELOS DE DISPERSIÓN PARA FUENTES LINEALES: Estudio de un caso. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/317887286_Modelos_de_dispersion_para_fuentes_lineales_Estudio_de_caso
- Rojano, R., Angulo, L., y Restrepo, G. (2013). Niveles de Partículas Suspendidas Totales (PST), PM10 y PM2.5 y su Relación en Lugares Públicos de la Ciudad Riohacha, Caribe Colombiano. *Información Tecnológica*, 24(2), 37-46. doi: 10.4067/S0718-07642013000200006
- Romero, M., Olite, F., y Álvarez, M. (2006). La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiologia*, 44(2). Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223214848008>
- Walsh. (s. f.). PLAN DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE, 1-35. Recuperado de: <http://www.protransporte.gob.pe/pdf/biblioteca/2005/lineabaseambiental/capitulo3.pdf>
- Quijano, A., Orozco, A. (2005). MONITOREO DE MATERIAL PARTICULADO-FRACCION RESPIRABLE(PM 2.5) EN PAMPLONA (COLOMBIA). *Revista*

Bistua Facultad de Ciencias Básicas, Recuperado de:
<https://www.redalyc.org/html/903/90330201>.

García, F, Agudelo, R, Jiménez, K. (2006) Distribución espacial y temporal de la concentración de material particulado en Santa Marta, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública* Recuperado de:
<https://www.redalyc.org/pdf/120/12024208.pdf>.

Díaz, V, Paez, C. (2006). Contaminación por material particulado en Quito y caracterización química de las muestras Recuperado de:
<http://www.academia.edu/10342786/>

Vázquez, C, Beristain, F, Audelo, E. (2012). Caracterización del Patrón de Comportamiento de las Partículas en Suspensión en el Valle de México *Información Tecnológica*, doi: 10.4067/S0718-07642012000300002

Salinas, A. (2012). Contaminación atmosférica por material particulado y consultas de urgencia por morbilidad en menores de 5 años en la ciudad de Valdivia (Tesis de pregrado) Universidad Austral de Chile.

Salguero, J. (2016). Determinación de la concentración de material particulado en la avenida rodolfo baquerizo nazur, entre las etapas iii, iv, v, vii, viii, ix de la ciudadela la alborada, de la ciudad de Guayaquil (Tesis de Pregrado) Universidad de Guayaquil.

8. ANEXOS

8.1. Instrumentos de trabajo



8.2. Puntos de monitoreo

8.2.1. Primer punto de monitoreo



8.2.2. Segundo punto de monitoreo



8.2.3. Tercer punto de monitoreo



8.2.4. Cuarto punto de monitoreo



8.2.5. Quinto punto de monitoreo



8.3. Fotografías en trabajo de campo



